

Aus der Strahlenklinik der Universität Marburg/Lahn  
Direktor: Prof. Dr. med. F. Heß

---

STOFFWECHSELVERÄNDERUNGEN BEI  
BESTRAHLTEN PATIENTEN

Untersuchung der Konzentrationen von Glukose,  
Cholesterin und Triglyceriden im Blut während  
Telekobalt-Bestrahlung

INAUGURAL-DISSERTATION  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der gesamten Medizin

dem Fachbereich Humanmedizin der  
Philipps-Universität zu Marburg  
vorgelegt von

HARALD BÄR  
aus Melsungen

Marburg, 1975

---

Druck: Görich & Weiershäuser, Marburg (Lahn)



Aus der Strahlenklinik der Universität Marburg/Lahn  
Direktor: Prof. Dr. med. F. Heß

---

STOFFWECHSELVERÄNDERUNGEN BEI  
BESTRAHLTEN PATIENTEN

Untersuchung der Konzentrationen von Glukose,  
Cholesterin und Triglyceriden im Blut während  
Telekobalt-Bestrahlung

INAUGURAL-DISSERTATION  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der gesamten Medizin

dem Fachbereich Humanmedizin der  
Philipps-Universität zu Marburg  
vorgelegt von

HARALD BÄR  
aus Melsungen

Marburg 1975

---

Druck: Görich & Weiershäuser, Marburg (Lahn)



Angenommen vom Fachbereich Humanmedizin  
der Universität Marburg/Lahn am: 30.5.1975  
gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches  
Dekan: Prof. Dr. H. Oepen  
Referent: Prof. Dr. F. Heß  
Correferent: Prof. Dr. H. Kaffarnik

# INHALTSVERZEICHNIS

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| EINLEITUNG                                                                                                         | 1  |
| AUFBAU DER UNTERSUCHUNG                                                                                            | 2  |
| 1. Patientenauswahl und Bestrahlungsmethode                                                                        | 2  |
| 2. Untersuchungsgang und -technik                                                                                  | 3  |
| ERGEBNISSE                                                                                                         | 5  |
| AUSWERTUNG                                                                                                         | 22 |
| 1. Statistische Bearbeitung                                                                                        | 22 |
| 2. Darstellung der statistisch ausgewerteten Ergebnisse                                                            | 22 |
| a) Intravenöser Glukosetoleranztest                                                                                | 22 |
| b) Oraler Glukosetoleranztest                                                                                      | 22 |
| c) Cholesterinbelastung                                                                                            | 27 |
| d) Freie Fettsäuren                                                                                                | 30 |
| e) Freies Glycerin                                                                                                 | 36 |
| f) Neutralfett                                                                                                     | 36 |
| g) Diabetikergruppe                                                                                                | 36 |
| DISKUSSION                                                                                                         | 37 |
| 1. Glukose/Glukosetoleranz                                                                                         | 37 |
| 2. Cholesterin/ $\beta$ -Lipoproteide                                                                              | 41 |
| 3. Freie Fettsäuren/freies Glycerin/Neutralfett                                                                    | 44 |
| a) Freie Fettsäuren und freies Glycerin                                                                            | 44 |
| b) Neutralfett                                                                                                     | 45 |
| 4. Allgemeine Überlegungen zu den unterschiedlichen Stoffwechseleränderungen bei Mensch und Tier unter Bestrahlung | 48 |
| ZUSAMMENFASSUNG                                                                                                    | 49 |
| LITERATURVERZEICHNIS                                                                                               | 51 |



Digitized by the Internet Archive  
in 2026

## EINLEITUNG

Es gibt eine Fülle von Arbeiten über Stoffwechselveränderungen bei Versuchstieren nach Ganzkörper- oder auch Teilkörperbestrahlungen, wie Veränderungen der Konzentrationen von Glykogen, Glukose, Cholesterin, Triglyceriden in Gewebe und Serum (Zusammenstellungen der Literatur bei HUG (1959), ORD u. a. (1961) und STREFFER (1969)). Dagegen findet man nur vereinzelt Veröffentlichungen, die sich mit Stoffwechselveränderungen bei bestrahlten Patienten befassen, wie die Artikel von SCHAUDIG (1958), HUG (1959) und SONKA u. a. (1965).

Bei Voruntersuchungen an unserer Klinik stiegen bei einigen bestrahlten Patienten die Konzentrationen von Cholesterin und Neutralfett im Serum unter der Bestrahlung an (SCHULZE). Dies war der Anlaß, eine genauere Untersuchung über Veränderungen der Blutfette (Cholesterin, Triglyceride, freies Glycerin, freie Fettsäuren), der  $\beta$ -Lipoproteidfraktion des Serums und der Glukosetoleranz (oraler Glukosetoleranztest, intravenöser Glukosetoleranztest nach Conard) bei einer größeren Anzahl von Patienten durchzuführen, die wegen Erkrankung an bösartigen Tumoren bestrahlt oder nachbestrahlt wurden.

In der Literatur wird bei Ratten eine Hemmung der Cholesterinbiosynthese bei exogener Zufuhr von Cholesterin und die Aufhebung dieser Hemmung durch Röntgenbestrahlung beschrieben (TOMKINS u. a. (1953), BUCHER u. a. (1959), SIPERSTEIN u. a. (1966), LINN (1967), GOULD u. a. (1970)). Deswegen wurde weiterhin ein Cholesterinbelastungstest am Anfang und Ende der Gesamtbestrahlung durchgeführt, um zu erfassen, ob auch beim Menschen eine exogene Cholesterinzufuhr eine Hemmung der Cholesterinsynthese mit Abfall der Serumchole-

sterinkonzentration hervorruft und ob eine derartige Reaktion sich unter Bestrahlung ändern würde. Aus den Ergebnissen könnten dann Rückschlüsse auf Störungen der Cholesterinbiosyntheseregulation durch Strahleneinwirkung gezogen werden.

#### AUFBAU DER UNTERSUCHUNG:

##### 1. Patientenauswahl und Bestrahlungsmethode:

Die Patienten wurden in drei Gruppen eingeteilt:

Gruppe 1 umfaßt 10 Patienten mit operiertem Mamma-Carcinom, die eine lokale Nachbestrahlung erhielten (Mamma-Ca-Gruppe). Diese Bestrahlung besteht aus einer Tangentialbestrahlung unter Belastung der Brustwand und der regionalen Lymphabflußgebiete über zwei, auf der gesunden Seite parasternal und auf der erkrankten Seite in der hinteren Axillarlinie angesetzte Felder unter Einschluß der Axilla und aus einem zusätzlichen supraklavikularen Strahlenfeld im antero-posterioren Strahlengang.

Gruppe 2 setzt sich aus 7 Patienten zusammen, die wegen Carcinomerkrankungen von Prostata, Blase, Sigma, Portio vaginalis uteri, Corpus uteri und Collum uteri eine Bauchraumbestrahlung mit etwa gleichem Bestrahlungsmodus bekamen (Bauchraum-Bestr.-Gruppe). Diese Bestrahlungen wurden nach der "Marburger Methode" als Bestrahlung über ventrale und dorsale Keilfelder und ein Dammfeld durchgeführt (s. HESS (1969)). 4 Patienten dieser Gruppe waren operiert, 2 nicht operiert, aber mit Hormonen (Honvan<sup>R</sup>-Therapie bei Prostatacarcinomen) vorbehandelt, 1 Patient nicht operiert und nicht vorbehandelt.

Weiterhin wurden als 3. Gruppe noch 3 Patienten mit kli-

nisch manifestem und mit oralen Antidiabetika behandeltem Diabetes mellitus untersucht (Diabetiker-Gruppe). Zwei dieser Patienten erhielten eine Bauchraum-Bestrahlung nach operiertem Corpus-Carcinom, die dritte Patientin wurde nach operiertem Mamma-Carcinom lokal nachbestrahlt (Bestrahlungsmethoden wie oben genannt). Diese Gruppe wurde unter dem Aspekt beobachtet, ob Diabetiker früher und stärker auftretende Stoffwechselveränderungen unter Bestrahlung zeigen als Nichtdiabetiker.

Alle Patienten wurden mit einem Telekobaltgerät (Gamma-tron) bestrahlt.

## 2. Untersuchungsgang und -technik:

An allen Patienten wurden jeweils am Anfang (zwischen 0 und 1000 R Herddosis) und am Ende (zwischen 3500 und 4700 R Herddosis) der Bestrahlung während jeweils drei aufeinanderfolgender Tage die unten aufgeführten Untersuchungen vorgenommen:

1. Tag: Intravenöser Glukosetoleranztest (i. v. GTT) am nüchternen Patienten: Entnahme von 0,1 ml Vollblut, dann intravenöse Gabe von 0,33 g Glukose pro Kilogramm Körpergewicht als Glukoselösung. 15 Minuten nach Glukosegabe wiederum Entnahme von 0,1 ml Vollblut, ebenso 25, 35, 45, 55 und 65 Minuten nach Glukosegabe. Das Blut wurde immer aus der Vene entnommen über eine liegende Kanüle zur Infusion von physiologischer Kochsalzlösung. Vor jeder Blutentnahme wurde die Infusion solange unterbrochen, bis das aus der Kanüle fließende Venenblut nicht mehr durch die Kochsalzlösung verdünnt war. Die 0,1 ml Vollblut wurden jeweils in ein Reagenzglas mit 1,0 ml 0,33 N Perchlorsäure pipettiert und sofort zentrifugiert. Der Überstand wurde eingefroren und der Glukosegehalt später bestimmt.

2. Tag: Cholesterinbelastung: Dem nüchternen Patienten wurde Venenblut entnommen, eine Infusion mit physiologischer Kochsalzlösung angelegt und 500 mg Cholesterin (entspricht etwa dem Cholesteringehalt von zweieinhalb Hühnereiern) oral gegeben. 30, 60 und 120 Minuten nach Cholesteringabe wiederum Entnahme von unverdünntem Venenblut aus der liegenden Kanüle. Der Patient blieb während der ganzen Zeit nüchtern. Die entnommenen Blutproben wurden heparinisiert, sofort zentrifugiert und das Serum eingefroren. Die Bestimmung des Cholesterin- und  $\beta$ -Lipoproteidgehaltes erfolgte später.

3. Tag: Oraler Glukosetoleranztest (o. GTT): Nach Entnahme von 0,1 ml Vollblut bekam der Patient 50 g Glukose in einer Glukoselösung (Glukotrunk<sup>R</sup>) zu trinken. 60, 90, 120 und 180 Minuten nach Glukosegabe wurden jeweils 0,1 ml Vollblut entnommen. Der Patient blieb während der Versuchsdauer wiederum nüchtern. Das Blut wurde bei diesem Test aus der Fingerbeere entnommen. Behandlung des gewonnenen Blutes wie an Tag 1.

An einem dieser drei Tage wurde noch zusätzlich Venenblut abgenommen, heparinisiert, zentrifugiert und im Serum sofort die Konzentration der freien Fettsäuren bestimmt. Der übrige Teil des Serums wurde eingefroren zur späteren Bestimmung der Konzentrationen von Triglyceriden und freiem Glycerin.

Wenn die Patienten eine Herddosis von etwa 2300 R erreicht hatten, wurde ihnen noch einmal zusätzlich Venenblut entnommen zur Bestimmung von freien Fettsäuren, Triglyceriden und freiem Glycerin im Serum. Das gewonnene Blut wurde heparinisiert, zentrifugiert und ein Teil des Serums zur sofortigen Bestimmung der Konzentration an freien Fettsäuren genommen. Der restliche Teil des Serums wurde eingefroren zur späteren Konzen-

trationsbestimmung von Triglyceriden und freiem Glycerin.

Die Bestimmung der Blutglukose erfolgte nach der Hexokinase-Methode (Test-Fibel(1970)), die der  $\beta$ -Lipoproteide als Farb-Test (Test-Fibel (1970)). Die Konzentrationsbestimmungen beider Substanzen und die von Gesamtcholesterin, freien Fettsäuren, Triglyceriden und freiem Glycerin wurden mit "Biochemica-Test-Combinationen" durchgeführt (Test-Fibel (1970)). Die einzelnen Blutzuckerwerte beim intravenösen Glukosetoleranztest wurden nach der Methode von Conard auf semilogarithmischem Millimeterpapier aufgetragen und der Glukoseassimilationskoeffizient  $K_G$  aus der Kurve errechnet (s. BARTELHEIMER u. a. (1967)).

#### ERGEBNISSE:

Die Ergebnisse sind - nach Patientengruppen, speziell untersuchter Substanz oder speziellem Belastungstest und nach Bestrahlungsstadium geordnet - in den Tabellen 1 bis 16 zusammengefaßt.

Patienten

| Zeit in<br>Min. nach<br>i.v. Gabe<br>d. Glukose | Klara<br>W.<br>67 J.<br>(4) | Hildegard W.<br>46 J.<br>(5) | Irmgard<br>S.<br>47 J.<br>(6) | Gretchen B.<br>47 J.<br>(7) | Irmgard<br>Z.<br>44 J.<br>(8) | Luise<br>Z.<br>52 J.<br>(9) | Maria<br>M.<br>71 J.<br>(10) | Anneliese K.<br>49 J.<br>(11) | Margot<br>R.<br>46 J.<br>(13) | Agathe<br>K.<br>50 J.<br>(18) |
|-------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 0                                               | 95,9                        | 79,5                         | 82,9                          | 77,7                        | 86,4                          | 74,3                        | 76,0                         | 85,5                          | 108,1                         | 104,6                         |
| 15                                              | 252,9                       | 203,5                        | 188,3                         | 174,5                       | 138,2                         | 171,1                       | 158,1                        | 201,4                         | 231,5                         | 233,4                         |
| 25                                              | 222,0                       | 174,3                        | 172,8                         | 134,8                       | 114,9                         | 141,7                       | 152,1                        | 190,1                         | 212,4                         | 203,9                         |
| 35                                              | 208,0                       | 146,7                        | 160,7                         | 110,7                       | 92,4                          | 121,8                       | 138,2                        | 183,2                         | 193,6                         | 198,8                         |
| 45                                              | 171,0                       | 143,3                        | 139,1                         | 114,8                       | 87,2                          | 101,1                       | 126,2                        | 170,2                         | 180,7                         | 185,0                         |
| 55                                              | 165,0                       | 139,8                        | 133,0                         | 106,2                       | 73,4                          | 89,0                        | 113,2                        | 145,2                         | 166,8                         | 168,4                         |
| 65                                              | 165,8                       | 129,5                        | 116,6                         | 97,7                        | 69,1                          | 89,8                        | 112,3                        | 144,3                         | 161,6                         | 152,0                         |
| Glukose in mg/100 ml                            |                             |                              |                               |                             |                               |                             |                              |                               |                               |                               |
| Glukoseassimulationskoeffizient $K_G$ in %/Min  | 1,02                        | 1,154                        | 0,825                         | 1,413                       | 1,387                         | 1,65                        | 0,90                         | 0,685                         | 0,825                         | 0,856                         |

Tab. 1: Nüchternblutzuckerwerte, Verlauf des i. v. GTT und Glukoseassimulationskoeffizienten von Patienten der Mamma-Ca-Gruppe am Anfang (0-1000 R HD) der Bestrahlung.

Patienten

| Zeit in<br>Min. nach<br>i.v. Gabe<br>d. Glukose | Klara<br>W.<br>67 J.<br>(4) | Hilde-<br>gard W.<br>46 J.<br>(5) | Irmgard<br>S.<br>47 J.<br>(6) | Gret-<br>chen B.<br>47 J.<br>(7) | Irmgard<br>Z.<br>44 J.<br>(8) | Lui-<br>se<br>Z.<br>52 J.<br>(9) | Maria<br>M.<br>71 J.<br>(10) | Anne-<br>liese. K.<br>49 J.<br>(11) | Margot<br>R.<br>46 J.<br>(13) | Agathe<br>K.<br>50 J.<br>(18) |
|-------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 0                                               | 102,0                       | 85,5                              | 74,3                          | 70,8                             | 85,5                          | 82,1                             | 87,3                         | 86,4                                | 112,3                         | 104,5                         |
| 15                                              | 214,1                       | 185,8                             | 246,2                         | 121,8                            | 184,0                         | 294,8                            | 164,2                        | 219,3                               | 219,4                         | 234,2                         |
| 25                                              | 202,1                       | 175,4                             | 149,4                         | 115,8                            | 158,1                         | 157,3                            | 162,4                        | 191,0                               | 204,6                         | 222,1                         |
| 35                                              | 184,0                       | 157,2                             | 138,3                         | 99,4                             | 156,4                         | 130,4                            | 149,4                        | 181,4                               | 191,8                         | 201,5                         |
| 45                                              | 184,9                       | 140,0                             | 129,6                         | 92,5                             | 147,7                         | 119,2                            | 133,9                        | 174,5                               | 176,4                         | 187,6                         |
| 55                                              | 161,5                       | 132,2                             | 105,4                         | 80,3                             | 144,3                         | 107,2                            | 127,9                        | 165,9                               | 159,0                         | 179,0                         |
| 65                                              | 151,2                       | 126,1                             | 96,8                          | 76,0                             | 136,5                         | 95,9                             | 116,6                        | 158,9                               | 157,2                         | 174,5                         |

Glukose in mg/100 ml

| Glukoseas-<br>similati-<br>onskoeffi-<br>zient $K_G$<br>in %/Min. | 0,654 | 0,762 | 1,36 | 0,912 | 0,408 | 1,237 | 0,805 | 0,495 | 0,693 | 0,70 |
|-------------------------------------------------------------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|-------------------------------------------------------------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|

Tab. 2: Nüchternblutzuckerwerte, Verlauf des i. v. GTT und Glukoseassimilationskoeffizienten von Patienten der Mamma-Ca-Gruppe am Ende (3500-4700 R HD) der Bestrahlung.

Patienten

| Zeit in Min.<br>nach i.v.<br>Gabe der<br>Glukose             | Christian<br>W.<br>69 J.<br>(1) | Ludwig<br>W.<br>79 J.<br>(2) | Ute<br>H.<br>30 J.<br>(15) | Anneliese<br>W.<br>53 J.<br>(16) | Else<br>K.<br>52 J.<br>(17) | Anna<br>Z.<br>52 J.<br>(19) | Peter<br>L.<br>76 J.<br>(20) |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 0                                                            | 108,0                           | 102,0                        | 73,4                       | 89,0                             | 93,3                        | 93,3                        | 91,6                         |
| 15                                                           | 208,1                           | 196,0                        | 143,4                      | 201,4                            | 250,6                       | 211,6                       | 173,7                        |
| 25                                                           | 167,5                           | 218,5                        | 95,1                       | 164,1                            | 204,8                       | 178,9                       | 152,9                        |
| 35                                                           | 175,3                           | 140,8                        | 75,2                       | 141,7                            | 189,2                       | 163,2                       | 140,8                        |
| 45                                                           | 162,3                           | 152,0                        | 76,0                       | 133,9                            | 157,2                       | 146,8                       | 128,7                        |
| 55                                                           | 152,9                           | 131,0                        | 70,8                       | 114,8                            | 142,6                       | 128,7                       | 123,5                        |
| 65                                                           | 151,1                           | 152,0                        | 67,4                       | 108,0                            | 127,9                       | 124,3                       | 112,3                        |
| Glukose in mg/100 ml                                         |                                 |                              |                            |                                  |                             |                             |                              |
| Glukoseassimi-<br>lationskoeffi-<br>zient $K_G$ in<br>%/Min. | 0,797                           | 0,815                        | 0,949                      | 1,237                            | 1,387                       | 1,067                       | 0,889                        |

Tab. 3: Nüchternblutzuckerwerte, Verlauf des i. v. GTT und Glukoseassimilationskoeffizienten von Patienten der Bauchraum-Bestr.-Gruppe am Anfang (0-1000 R HD) der Bestrahlung.

Patienten

| Zeit in Min.<br>nach i.v.<br>Gabe der<br>Glukose             | Christian<br>W.<br>69 J.<br>(1) | Ludwig<br>W.<br>79 J.<br>(2) | Ute<br>H.<br>30 J.<br>(15) | Anneliese<br>W.<br>53 J.<br>(16) | Else<br>K.<br>52 J.<br>(17) | Anna<br>Z.<br>52 J.<br>(19) | Peter<br>L.<br>76 J.<br>(20) |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 0                                                            | 109,6                           | 99,4                         | 77,8                       | 93,3                             | 104,5                       | 100,2                       | 85,5                         |
| 15                                                           | 199,6                           | 238,3                        | 171,1                      | 193,6                            | 223,9                       | 231,7                       | 193,5                        |
| 25                                                           | 179,7                           | 236,5                        | 140,9                      | 176,3                            | 195,3                       | 219,5                       | 162,5                        |
| 35                                                           | 157,2                           | 186,5                        | 123,6                      | 160,7                            | 175,5                       | 210,0                       | 140,0                        |
| 45                                                           | 134,0                           | 171,0                        | 108,8                      | 144,3                            | 157,3                       | 198,8                       | 128,7                        |
| 55                                                           | 130,4                           | 159,7                        | 102,0                      | 135,6                            | 136,5                       | 190,1                       | 119,2                        |
| 65                                                           | 122,6                           | 143,3                        | 92,5                       | 121,0                            | 122,7                       | 179,8                       | 113,2                        |
| Glukose in mg/100 ml                                         |                                 |                              |                            |                                  |                             |                             |                              |
| Glukoseassimi-<br>lationskoeffi-<br>zient $K_G$ in<br>%/Min. | 1,136                           | 1,066                        | 1,083                      | 0,912                            | 1,194                       | 0,490                       | 1,194                        |

Tab. 4: Nüchternblutzuckerwerte, Verlauf des i. v. GTT und Glukoseassimilationskoeffizienten von Patienten der Bauchraum-Bestr.-Gruppe am Ende (3500-4700 R HD) der Bestrahlung.

Patienten

| Zeit in Min. nach oraler Glukosegabe | Klara W. 67 J. (4) | Hildegard W. 46 J. (5) | Irmgard S. 47 J. (6) | Gretchen B. 47 J. (7) | Irmgard Z. 44 J. (8) | Luise Z. 52 J. (9) | Maria M. 71 J. (10) | Anneliese K. 49 J. (11) | Margot R. 46 J. (13) | Anaethe K. 50 J. (18) |
|--------------------------------------|--------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|
| O-1000 R HD                          |                    |                        |                      |                       |                      |                    |                     |                         |                      |                       |
| 0                                    | 94,1               | 82,0                   | 82,9                 | 85,5                  | 73,5                 | 83,8               | 84,7                | 93,3                    | 109,7                | 103,7                 |
| 60                                   | 189,1              | 149,4                  | 146,9                | 139,1                 | 89,0                 | 117,4              | 140,8               | 141,7                   | 227,2                | 170,3                 |
| 90                                   | 178,0              | 101,9                  | 118,2                | 107,2                 | 101,2                | 101,1              | 127,9               | 158,1                   | 177,1                | 94,2                  |
| 120                                  | 191,7              | 123,4                  | 67,4                 | 67,4                  | 84,7                 | 85,5               | 147,6               | 146,0                   | 120,0                | 94,2                  |
| 180                                  | 120,0              | 73,4                   | 76,0                 | 76,9                  | 105,4                | 68,3               | 109,7               | 57,8                    | 85,5                 | 73,5                  |
| Glukose in mg/100 ml                 |                    |                        |                      |                       |                      |                    |                     |                         |                      |                       |
| 3500-4700 R HD                       |                    |                        |                      |                       |                      |                    |                     |                         |                      |                       |
| 0                                    | 95,1               | 92,5                   | 79,5                 | 76,0                  | 76,9                 | 89,0               | 91,7                | 90,8                    | 117,4                | 105,4                 |
| 60                                   | 214,2              | 127,8                  | 127,8                | 141,7                 | 121,0                | 131,4              | 160,6               | 178,9                   | 240,9                | 225,4                 |
| 90                                   | 235,0              | 148,6                  | 120,1                | 76,0                  | 137,3                | 120,2              | 195,1               | 167,7                   | 228,8                | 168,4                 |
| 120                                  | 215,0              | 110,6                  | 101,1                | 49,2                  | 103,7                | 95,1               | 171,0               | 114,9                   | 167,5                | 114,9                 |
| 180                                  | 141,7              | 60,5                   | 75,2                 | 76,8                  | 83,0                 | 84,7               | 165,0               | 87,3                    | 113,2                | 87,2                  |
| Glukose in mg/100 ml                 |                    |                        |                      |                       |                      |                    |                     |                         |                      |                       |

Tab. 5: Nüchternblutzuckerwerte und Verlauf des oralen Glukosetoleranztestes von Patienten der Mamma-Ca-Gruppe am Anfang (O-1000 R HD) und Ende (3500-4700 R HD) der Bestrahlung.

| Zeit in Min.<br>nach oraler<br>Glukosegabe | Christian<br>W.<br>69 J.<br>(1) | Ludwig<br>W.<br>79 J.<br>(2) | Ute<br>H.<br>30 J.<br>(15) | Anneliese<br>W.<br>53 J.<br>(16) | Else<br>K.<br>52 J.<br>(17) | Anna<br>Z.<br>52 J.<br>(19) | Peter<br>L.<br>76 J.<br>(20) |
|--------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| O-1000 R HD                                |                                 |                              |                            |                                  |                             |                             |                              |
| 0                                          | 90,7                            | 117,4                        | 79,5                       | 87,2                             | 90,7                        | 87,2                        | 83,8                         |
| 60                                         | 183,0                           | 138,2                        | 110,6                      | 145,9                            | 163,3                       | 164,1                       | 120,2                        |
| 90                                         | -                               | 146,0                        | 101,2                      | 126,1                            | 142,6                       | 150,3                       | 119,3                        |
| 120                                        | 128,7                           | 145,0                        | 76,1                       | 108,8                            | 104,5                       | 108,0                       | 101,2                        |
| 180                                        | 83,8                            | 95,8                         | 65,7                       | 71,7                             | 79,5                        | 71,7                        | 70,8                         |
| Glukose in mg/100 ml                       |                                 |                              |                            |                                  |                             |                             |                              |
| 3500-4700 R HD                             |                                 |                              |                            |                                  |                             |                             |                              |
| 0                                          | 117,4                           | 148,4                        | 81,2                       | 91,6                             | 106,3                       | 88,1                        | 87,3                         |
| 60                                         | 136,4                           | 174,2                        | 75,2                       | 168,4                            | 148,7                       | 170,3                       | 116,6                        |
| 90                                         | 123,3                           | 182,0                        | 114,9                      | 169,3                            | 140,9                       | 185,0                       | 141,7                        |
| 120                                        | 105,2                           | 158,8                        | 81,2                       | 134,0                            | 105,4                       | 179,0                       | 117,5                        |
| 180                                        | 97,6                            | 131,2                        | 87,3                       | 77,8                             | 98,5                        | 94,2                        | 106,2                        |
| Glukose in mg/100 ml                       |                                 |                              |                            |                                  |                             |                             |                              |

Tab. 6: Nüchternblutzuckerwerte und Verlauf des oralen Glukosetoleranztestes von Patienten der Bauchraum-Bestr.-Gruppe am Anfang (O-1000 R HD) und Ende (3500-4700 R HD) der Bestrahlung.

Patienten

| Zeit in Min. nach<br>oraler Glukose-<br>gabe | Johanna H.<br>66 J.<br>(3)                | Maria H.<br>62 J.<br>(12)               | Meta P.<br>62 J.<br>(14)                  |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                              | 0-1000 R HD                               |                                         |                                           |
| 0<br>60<br>90<br>120<br>180                  | 148,4<br>244,3<br>267,0<br>298,0<br>217,6 | 93,3<br>213,4<br>191,7<br>133,0<br>91,6 | 129,6<br>243,7<br>233,3<br>203,9<br>160,7 |
|                                              | Glukose in mg/100 ml                      |                                         |                                           |
|                                              | 3500-4700 R HD                            |                                         |                                           |
| 0<br>60<br>90<br>120<br>180                  | 159,0<br>259,2<br>250,4<br>306,6<br>240,0 | 93,3<br>214,1<br>197,0<br>184,0<br>82,9 | 102,0<br>201,4<br>216,0<br>177,1<br>163,3 |
|                                              | Glukose in mg/100 ml                      |                                         |                                           |

Tab. 7: Nüchternblutzuckerwerte und Verlauf des oralen Glukosetoleranztestes von Patienten der Diabetiker-Gruppe am Anfang (0-1000 R HD) und Ende (3500-4700 R HD) der Bestrahlung.

| Zeit in<br>Min. nach<br>oralen<br>Choleste-<br>ringabe | Klara<br>W.<br>67 J.<br>(4) | Hilde-<br>gard W.<br>46 J.<br>(5) | Irmgard<br>S.<br>47 J.<br>(6) | Gret-<br>chen B.<br>47 J.<br>(7) | Irmgard<br>Z.<br>44 J.<br>(8) | Luise<br>Z.<br>52 J.<br>(9) | Maria<br>M.<br>71 J.<br>(10) | Anne-<br>liese K.<br>49 J.<br>(11) | Margot<br>R.<br>46 J.<br>(13) | Agathe<br>K.<br>50 J.<br>(18) |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| O-1000 R HD                                            |                             |                                   |                               |                                  |                               |                             |                              |                                    |                               |                               |
| 0                                                      | 244,0                       | 214,9                             | 245,2                         | 185,2                            | 238,5                         | 280,0                       | 252,6                        | 180,4                              | 235,4                         | 316,3                         |
| 30                                                     | 224,2                       | 209,0                             | 222,2                         | 184,3                            | 236,3                         | 258,2                       | 228,3                        | 179,5                              | 214,2                         | 299,2                         |
| 60                                                     | 214,9                       | 202,5                             | 228,4                         | 181,1                            | 235,6                         | 252,0                       | 234,0                        | 174,9                              | 220,1                         | 292,5                         |
| 120                                                    | 224,8                       | 210,8                             | 224,6                         | 168,0                            | 226,4                         | 240,0                       | 224,3                        | 176,5                              | 218,3                         | 278,2                         |
| Cholesterin in mg/100 ml                               |                             |                                   |                               |                                  |                               |                             |                              |                                    |                               |                               |
| 3500-4700 R HD                                         |                             |                                   |                               |                                  |                               |                             |                              |                                    |                               |                               |
| 0                                                      | 266,0                       | 204,4                             | 225,0                         | 179,7                            | 231,3                         | 281,7                       | 195,7                        | 206,0                              | 210,5                         | 262,5                         |
| 30                                                     | 269,4                       | 195,6                             | 202,4                         | 175,0                            | 212,4                         | 242,0                       | 178,4                        | 183,6                              | 208,6                         | 242,7                         |
| 60                                                     | 256,4                       | 204,4                             | 193,6                         | 169,2                            | 208,7                         | 237,0                       | 181,9                        | 193,1                              | 206,0                         | 242,0                         |
| 120                                                    | 239,2                       | 194,8                             | 206,3                         | 168,0                            | 213,5                         | 248,0                       | 184,4                        | 188,9                              | 205,4                         | 232,5                         |
| Cholesterin in mg/100 ml                               |                             |                                   |                               |                                  |                               |                             |                              |                                    |                               |                               |

Tab. 8: Nüchternwerte von Serumcholesterin und Verlauf der Cholesterinwerte bei oraler Cholesterinbelastung von Patienten der Mamma-Ca-Gruppe am Anfang (O-1000 R HD) und Ende (3500-4700 R HD) der Bestrahlung.

Patienten

| Zeit in Min.<br>nach oraler<br>Cholesterin-<br>gabe | Christian<br>W.<br>69 J.<br>(1) | Ludwig<br>W.<br>79 J.<br>(2) | Ute<br>H.<br>30 J.<br>(15) | Anneliese<br>W.<br>53 J.<br>(16) | Else<br>K.<br>52 J.<br>(17) | Anna<br>Z.<br>52 J.<br>(19) | Peter<br>L.<br>76 J.<br>(20) |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| O-1000 R HD                                         |                                 |                              |                            |                                  |                             |                             |                              |
| 0                                                   | 195,8                           | 231,8                        | 217,4                      | 221,3                            | 191,5                       | 176,2                       | 208,2                        |
| 30                                                  | 202,4                           | 214,4                        | 214,0                      | 212,0                            | 174,5                       | 158,0                       | 191,8                        |
| 60                                                  | 200,6                           | 201,8                        | 209,5                      | 216,9                            | 163,3                       | 161,3                       | 195,1                        |
| 120                                                 | 199,0                           | 205,2                        | 211,3                      | 215,4                            | 163,3                       | 158,7                       | 189,4                        |
| Cholesterin in mg/100 ml                            |                                 |                              |                            |                                  |                             |                             |                              |
| 3500-4700 R HD                                      |                                 |                              |                            |                                  |                             |                             |                              |
| 0                                                   | 215,0                           | 242,8                        | 191,0                      | 183,7                            | 132,8                       | 129,0                       | 193,0                        |
| 30                                                  | 212,0                           | 226,0                        | 164,7                      | 178,5                            | 121,2                       | 132,1                       | 166,3                        |
| 60                                                  | 197,2                           | 216,6                        | 160,5                      | 174,2                            | 118,0                       | 133,5                       | 158,5                        |
| 120                                                 | 200,0                           | 228,0                        | 162,1                      | 174,2                            | 116,2                       | 135,2                       | 173,3                        |
| Cholesterin in mg/100 ml                            |                                 |                              |                            |                                  |                             |                             |                              |

Tab. 9: Nüchternwerte von Serumcholesterin und Verlauf der Cholesterinwerte bei oraler Cholesterinbelastung von Patienten der Bauchraum-Bestr.-Gruppe am Anfang (O-1000 R HD) und Ende (3500-4700 R HD) der Bestrahlung.

| Patienten                                        |                            |                           |                          |
|--------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Zeit in Min. nach<br>oraler Cholesterin-<br>gabe | Johanna H.<br>66 J.<br>(3) | Maria H.<br>62 J.<br>(12) | Meta P.<br>62 J.<br>(14) |
|                                                  | 0-1000 R HD                |                           |                          |
| 0                                                | 223,0                      | 226,8                     | 228,5                    |
| 30                                               | 215,6                      | 206,6                     | 198,3                    |
| 60                                               | 220,0                      | 214,2                     | 213,8                    |
| 120                                              | 228,0                      | 211,7                     | 218,0                    |
|                                                  | Cholesterin in mg/100 ml   |                           |                          |
|                                                  | 3500-4700 R HD             |                           |                          |
| 0                                                | 269,4                      | 216,5                     | 211,5                    |
| 30                                               | 268,6                      | 204,3                     | 194,2                    |
| 60                                               | 256,4                      | 201,7                     | 188,4                    |
| 120                                              | 239,2                      | 195,7                     | 187,7                    |
|                                                  | Cholesterin in mg/100 ml   |                           |                          |

Tab. 10: Nüchternwerte von Serumcholesterin und Verlauf der Cholesterinwerte bei oraler Cholesterinbelastung von Patienten der Diabetiker-Gruppe am Anfang (0-1000 R HD) und Ende (3500-4700 R HD) der Bestrahlung.

Patienten

| Zeit in<br>Min. nach<br>oralen<br>Choleste-<br>ringabe | Klara<br>W.<br>67 J.<br>(4) | Hilde-<br>gard W.<br>46 J.<br>(5) | Irmgard<br>S.<br>47 J.<br>(6) | Gret-<br>chen B.<br>47 J.<br>(7) | Irmgard<br>Z.<br>44 J.<br>(8) | Luise<br>Z.<br>52 J.<br>(9) | Maria<br>M.<br>71 J.<br>(10) | Anne-<br>liese K.<br>49 J.<br>(11) | Marqot<br>R.<br>46 J.<br>(13) | Aqathe<br>K.<br>50 J.<br>(18) |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| O-1000 R HD                                            |                             |                                   |                               |                                  |                               |                             |                              |                                    |                               |                               |
| 0                                                      | 500,0                       | 425,0                             | 376,5                         | 335,9                            | 442,0                         | 506,0                       | 473,0                        | 433,0                              | 497,0                         | 561,0                         |
| 30                                                     | 425,0                       | 425,0                             | 371,8                         | 274,7                            | 418,0                         | 461,0                       | 499,0                        | 424,0                              | 477,0                         | 486,0                         |
| 60                                                     | 474,0                       | 390,3                             | 382,0                         | 340,7                            | 427,0                         | 506,0                       | 499,0                        | 442,0                              | 358,6                         | 593,0                         |
| 120                                                    | 491,0                       | 394,3                             | 371,8                         | 340,7                            | 427,0                         | 496,0                       | 482,0                        | 455,0                              | 467,0                         | 598,0                         |
| β-Lipoproteide in mg/100 ml                            |                             |                                   |                               |                                  |                               |                             |                              |                                    |                               |                               |
| 3500-4700 R HD                                         |                             |                                   |                               |                                  |                               |                             |                              |                                    |                               |                               |
| 0                                                      | 508,0                       | 418,0                             | 466,0                         | 332,0                            | 442,0                         | 531,0                       | 426,5                        | 414,0                              | 462,0                         | 487,5                         |
| 30                                                     | 579,0                       | 442,0                             | 422,0                         | 312,2                            | 428,0                         | 452,0                       | 391,6                        | 391,6                              | 437,0                         | 456,0                         |
| 60                                                     | 594,0                       | 403,0                             | 437,0                         | 327,3                            | 424,0                         | 432,0                       | 385,9                        | 368,5                              | 426,5                         | 467,0                         |
| 120                                                    | 556,0                       | 408,0                             | 401,0                         | 322,0                            | 447,0                         | 452,0                       | 408,5                        | 358,9                              | 401,0                         | 425,0                         |
| β-Lipoproteide in mg/100 ml                            |                             |                                   |                               |                                  |                               |                             |                              |                                    |                               |                               |

Tab. 11: β-Lipoproteide. Serumwerte nüchtern und im Verlauf der oralen Cholesterinbelastung von Patienten der Mamma-Ca-Gruppe am Anfang (O-1000 R HD) und Ende (3500-4700 R HD) Bestrahlung.

| Zeit in Min.<br>nach oraler<br>Cholesterin-<br>gabe | Christian<br>W.<br>69 J.<br>(1) | Ludwig<br>W.<br>79 J.<br>(2) | Ute<br>H.<br>30 J.<br>(15) | Anneliese<br>W.<br>53 J.<br>(16) | Else<br>K.<br>52 J.<br>(17) | Anna<br>Z.<br>52 J.<br>(19) | Peter<br>L.<br>76 J.<br>(20) |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| O-1000 R HD                                         |                                 |                              |                            |                                  |                             |                             |                              |
| 0                                                   | 481,0                           | 477,0                        | 401,0                      | 453,0                            | 388,0                       | 437,0                       | 435,0                        |
| 30                                                  | 417,0                           | 447,0                        | 370,0                      | 420,0                            | 340,9                       | 373,2                       | 415,0                        |
| 60                                                  | 395,2                           | 451,0                        | 411,1                      | 438,0                            | 346,0                       | 383,5                       | 390,0                        |
| 120                                                 | 391,0                           | 438,0                        | 421,0                      | 453,0                            | 340,9                       | 383,5                       | 415,0                        |
| β-Lipoproteide in mg/100 ml                         |                                 |                              |                            |                                  |                             |                             |                              |
| 3500-4700 R HD                                      |                                 |                              |                            |                                  |                             |                             |                              |
| 0                                                   | 372,3                           | 408,0                        | 415,0                      | 373,0                            | 263,0                       | 278,0                       | 331,6                        |
| 30                                                  | 390,3                           | 386,0                        | 330,0                      | 342,0                            | 248,2                       | 297,2                       | 331,6                        |
| 60                                                  | 359,2                           | 372,3                        | 310,0                      | 347,4                            | 267,9                       | 317,0                       | 326,3                        |
| 120                                                 | 376,8                           | 400,0                        | 325,0                      | 352,3                            | 253,6                       | 317,0                       | 340,5                        |
| β-Lipoproteide in mg/100 ml                         |                                 |                              |                            |                                  |                             |                             |                              |

Tab. 12: β-Lipoproteide. Serumwerte nüchtern und im Verlauf der oralen Cholesterinbelastung von Patienten der Bauchraum-Bestr.-Gruppe am Anfang (O-1000 R HD) und Ende (3500-4700 R HD) der Bestrahlung.

| Patienten                                        |                                    |                           |                          |
|--------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Zeit in Min. nach<br>oralen Cholesterin-<br>gabe | Johanna H.<br>66 J.<br>(3)         | Maria H.<br>62 J.<br>(12) | Meta P.<br>62 J.<br>(14) |
|                                                  | O-1000 R HD                        |                           |                          |
| 0                                                | 504,0                              | 433,0                     | 454,5                    |
| 30                                               | 461,0                              | 424,0                     | 397,3                    |
| 60                                               | 504,0                              | 442,0                     | 391,6                    |
| 120                                              | 500,0                              | 455,0                     | 403,0                    |
|                                                  | $\beta$ -Lipoproteide in mg/100 ml |                           |                          |
|                                                  | 3500-4700 R HD                     |                           |                          |
| 0                                                | 641,0                              | 472,5                     | 491,0                    |
| 30                                               | 503,0                              | 359,6                     | 463,0                    |
| 60                                               | 560,0                              | 411,1                     | 447,5                    |
| 120                                              | 547,0                              | 390,4                     | 466,5                    |
|                                                  | $\beta$ -Lipoproteide in mg/100 ml |                           |                          |

Tab. 13:  $\beta$ -Lipoproteide. Serumwerte nüchtern und im Verlauf der oralen Cholesterinbelastung von Patienten der Diabetiker-Gruppe am Anfang (O-1000 R HD) und Ende (3500-4700 R HD) der Bestrahlung.

|                                     | Klara<br>W.<br>67 J.<br>(4) | Hildegard W.<br>46 J.<br>(5) | Irmgard<br>S.<br>47 J.<br>(6) | Gretchen B.<br>47 J.<br>(7) | Irmgard<br>Z.<br>44 J.<br>(8) | Luise<br>Z.<br>52 J.<br>(9) | Maria<br>M.<br>71 J.<br>(10) | Anneliese K.<br>49 J.<br>(11) | Margot<br>R.<br>46 J.<br>(13) | Agathe<br>K.<br>50 J.<br>(18) |
|-------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| I. freie Fettsäuren in mVal/1000 ml |                             |                              |                               |                             |                               |                             |                              |                               |                               |                               |
| O-1000 R HD                         | 0,82                        | 0,48                         | 0,23                          | 0,12                        | 0,27                          | 0,13                        | 0,34                         | 0,19                          | 0,41                          | 0,46                          |
| 2300 R HD                           | 0,50                        | 0,50                         | 0,38                          | 0,19                        | 0,22                          | 0,65                        | 0,30                         | 0,19                          | 0,12                          | 0,33                          |
| 3500-4700 R HD                      | 0,56                        | 0,45                         | 0,42                          | 0,23                        | 0,18                          | 0,30                        | 0,25                         | 0,23                          | 0,40                          | 0,42                          |
| II. freies Glycerin in mg/100 ml    |                             |                              |                               |                             |                               |                             |                              |                               |                               |                               |
| O-1000 R HD                         | 1,698                       | 1,032                        | 0,84                          | 0,87                        | 0,99                          | 1,66                        | 1,24                         | 1,08                          | 1,26                          | 1,73                          |
| 2300 R HD                           | 2,29                        | 1,42                         | 0,70                          | 0,52                        | 0,40                          | 1,64                        | 1,12                         | 1,26                          | 0,79                          | 0,86                          |
| 3500-4700 R HD                      | 2,24                        | 0,96                         | 0,75                          | 0,80                        | 0,86                          | 2,01                        | 2,03                         | 1,43                          | 0,91                          | 1,31                          |
| III. Neutralfett in mg/100 ml       |                             |                              |                               |                             |                               |                             |                              |                               |                               |                               |
| O-1000 R HD                         | 125,5                       | 112,1                        | 124,8                         | 83,3                        | 73,5                          | 62,8                        | 91,2                         | 112,8                         | 123,9                         | 317,0                         |
| 2300 R HD                           | 279,0                       | 135,2                        | 92,0                          | 82,3                        | 52,0                          | 74,4                        | 122,4                        | 96,7                          | 101,2                         | 213,6                         |
| 3500-4700 R HD                      | 269,0                       | 93,8                         | 107,4                         | 82,5                        | 49,0                          | 96,6                        | 105,0                        | 115,2                         | 160,3                         | 282,0                         |

Tab. 14: Nüchtern-Serumwerte von freien Fettsäuren, freiem Glycerin und Neutralfett bei den Patienten der Mamma-Ca-Gruppe am Anfang (O-1000 R HD), in der Mitte (2300 R HD) und am Ende (3500-4700 R HD) der Bestrahlung.

Patienten

|                                     | Christian<br>W.<br>69 J.<br>(1) | Ludwig<br>W.<br>79 J.<br>(2) | Ute<br>H.<br>30 J.<br>(15) | Anneliese<br>W.<br>53 J.<br>(16) | Else<br>K.<br>52 J.<br>(17) | Anna<br>Z.<br>52 J.<br>(19) | Peter<br>L.<br>76 J.<br>(20) |
|-------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| I. freie Fettsäuren in mVal/1000 ml |                                 |                              |                            |                                  |                             |                             |                              |
| 0-1000 R HD                         | 0,31                            | 0,13                         | 0,58                       | 0,22                             | 0,86                        | 0,58                        | 0,29                         |
| 2300 R HD                           | 0,48                            | 0,15                         | 0,48                       | 0,56                             | 0,53                        | 0,78                        | 0,15                         |
| 3500-4700 R HD                      | 0,28                            | 0,39                         | 0,39                       | 0,71                             | 0,73                        | 0,67                        | 0,23                         |
| II. freies Glycerin in mg/100 ml    |                                 |                              |                            |                                  |                             |                             |                              |
| 0-1000 R HD                         | 1,25                            | 0,595                        | 2,03                       | 0,72                             | 2,66                        | 1,98                        | 1,05                         |
| 2300 R HD                           | 1,628                           | 1,00                         | 0,81                       | 1,01                             | 2,24                        | 2,06                        | 0,68                         |
| 3500-4700 R HD                      | 1,71                            | 1,29                         | 0,87                       | 1,66                             | 2,64                        | 1,98                        | 1,49                         |
| III. Neutralfett in mg/100 ml       |                                 |                              |                            |                                  |                             |                             |                              |
| 0-1000 R HD                         | 105,3                           | 102,0                        | 63,5                       | 130,5                            | 205,0                       | 104,2                       | 48,6                         |
| 2300 R HD                           | 133,3                           | 126,2                        | 56,7                       | 130,6                            | 171,7                       | 111,9                       | 97,5                         |
| 3500-4700 R HD                      | 139,8                           | 154,0                        | 74,7                       | 183,0                            | 180,6                       | 137,0                       | 77,3                         |

Tab. 15: Nüchtern-Serumwerte von freien Fettsäuren, freiem Glycerin und Neutralfett bei den Patienten der Bauchraum-Bestr.-Gruppe am Anfang (0-1000 R HD), in der Mitte (2300 R HD) und am Ende (3500-4700 R HD) der Bestrahlung.

|                                     |                            |                           |                          |
|-------------------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|
|                                     | Johanna H.<br>66 J.<br>(3) | Maria H.<br>62 J.<br>(12) | Meta P.<br>62 J.<br>(14) |
| I. freie Fettsäuren in mVal/1000 ml |                            |                           |                          |
| 0-1000 R HD                         | 0,35                       | 0,29                      | 0,21                     |
| 2300 R HD                           | 0,14                       | 0,28                      | 0,27                     |
| 3500-4700 R HD                      | 0,37                       | 0,21                      | 0,35                     |
| II. freies Glycerin in mg/100 ml    |                            |                           |                          |
| 0-1000 R HD                         | 0,927                      | 0,79                      | 1,38                     |
| 2300 R HD                           | 1,12                       | 0,94                      | 0,93                     |
| 3500-4700 R HD                      | 1,15                       | 1,12                      | 0,82                     |
| III. Neutralfett in mg/100 ml       |                            |                           |                          |
| 0-1000 R HD                         | 222,0                      | 91,2                      | 131,3                    |
| 2300 R HD                           | 435,0                      | 119,8                     | 128,5                    |
| 3500-4700 R HD                      | 442,0                      | 165,3                     | 155,3                    |

Tab. 16: Nüchtern-Serumwerte von freien Fettsäuren, freiem Glycerin und Neutralfett bei den Patienten der Diabetiker-Gruppe am Anfang (0-1000 R HD), in der Mitte (2300 R HD) und am Ende (3500-4700 R HD) der Bestrahlung.

## AUSWERTUNG:

### 1. Statistische Bearbeitung:

Aus den gewonnenen Daten wurden Mittelwerte und Standardabweichungen errechnet. Die Signifikanz der beobachteten Veränderungen wurde mittels des zweiseitigen Student-Testes auf dem 95-Prozent-Niveau geprüft.

### 2. Darstellung der statistisch ausgewerteten Ergebnisse:

#### a) Intravenöser Glukosetoleranztest:

Bei den Patienten der Mamma-Ca-Gruppe und der Bauchraum-Bestr.-Gruppe ist der Nüchternwert der Blutglukosekonzentration am Ende der Bestrahlung (3500-4700 R HD) geringfügig höher (s. Tab. 17) als am Anfang der Bestrahlung (0-1000 R HD). Die Toleranzkurven beider Gruppen weisen bei der Messung zwischen 3500 und 4700 R HD einen höheren Gipfel und einen langsameren Abfall auf als bei der Messung zwischen 0 und 1000 R HD (s. Tab. 17 und Abb. 1 u.2). Der Glukoseassimilationskoeffizient  $K_G$  ist bei der Mamma-Ca-Gruppe am Ende der Bestrahlung niedriger als am Anfang (s. Tab. 17), bei der Bauchraum-Bestr.-Gruppe ändert sich  $K_G$  praktisch nicht. Mit dem intravenösen Glukosetoleranztest sind keine signifikanten Unterschiede in der Glukosetoleranz zwischen Anfang und Ende der Bestrahlung festzustellen.

Vergleicht man die Werte der beiden Gruppen miteinander, so entsprechen sie etwa einander. Der Nüchternblutzucker ist bei der Bauchraum-Bestr.-Gruppe sowohl am Anfang als auch am Ende der Bestrahlung etwas höher als bei der Mamma-Ca-Gruppe (s. Tab. 17).

#### b) Oraler Glukosetoleranztest:

Auch hier sind bei beiden Gruppen die Nüchternwerte der Blutglukosekonzentration am Ende etwas höher als am Anfang der Bestrahlung (s. Tab. 18). Bei beiden Gruppen

| Zeit in Min.<br>nach i.v. Gabe<br>der Glukose                    | Mamma-Ca-Gruppe   |                      | Bauchraum-Bestr.-Gruppe |                   |
|------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------|-------------------------|-------------------|
|                                                                  | 0-1000 R HD       | 3500-4700 R HD       | 0-1000 R HD             | 3500-4700 R HD    |
| 0                                                                | 87,1 $\pm$ 11,9   | 89,1 $\pm$ 13,3      | 92,9 $\pm$ 10,9         | 95,8 $\pm$ 11,1   |
| 15                                                               | 195,3 $\pm$ 36,4  | 208,4 $\pm$ 47,6     | 197,8 $\pm$ 33,3        | 207,4 $\pm$ 24,4  |
| 25                                                               | 171,9 $\pm$ 36,7  | 173,8 $\pm$ 31,6     | 168,8 $\pm$ 40,0        | 187,2 $\pm$ 32,8  |
| 35                                                               | 155,4 $\pm$ 40,0  | 159,0 $\pm$ 31,5     | 146,6 $\pm$ 36,7        | 164,8 $\pm$ 28,9  |
| 45                                                               | 141,9 $\pm$ 34,4  | 148,6 $\pm$ 31,5     | 136,7 $\pm$ 29,3        | 149,0 $\pm$ 29,7  |
| 55                                                               | 130,0 $\pm$ 33,5  | 136,3 $\pm$ 31,5     | 123,5 $\pm$ 26,4        | 139,1 $\pm$ 28,6  |
| 65                                                               | 123,9 $\pm$ 32,4  | 129,0 $\pm$ 32,3     | 120,4 $\pm$ 29,0        | 127,9 $\pm$ 27,4  |
|                                                                  |                   | Glukose in mg/100 ml | Glukose in mg/100 ml    |                   |
| Glukoseassimila-<br>tionskoeffizient<br>K <sub>G</sub> in %/Min. | 1,071 $\pm$ 0,317 | 0,802 $\pm$ 0,300    | 1,020 $\pm$ 0,223       | 1,010 $\pm$ 0,250 |

Tab. 17: Nüchternblutzuckerwert, Verlauf des intravenösen Glukosetoleranztestes und Glukoseassimilationskoeffizient am Anfang (0-1000 R HD) und Ende (3500-4700 R HD) der Bestrahlung bei Patienten der Mamma-Ca-Gruppe und Bauchraum-Bestr.-Gruppe. Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichung

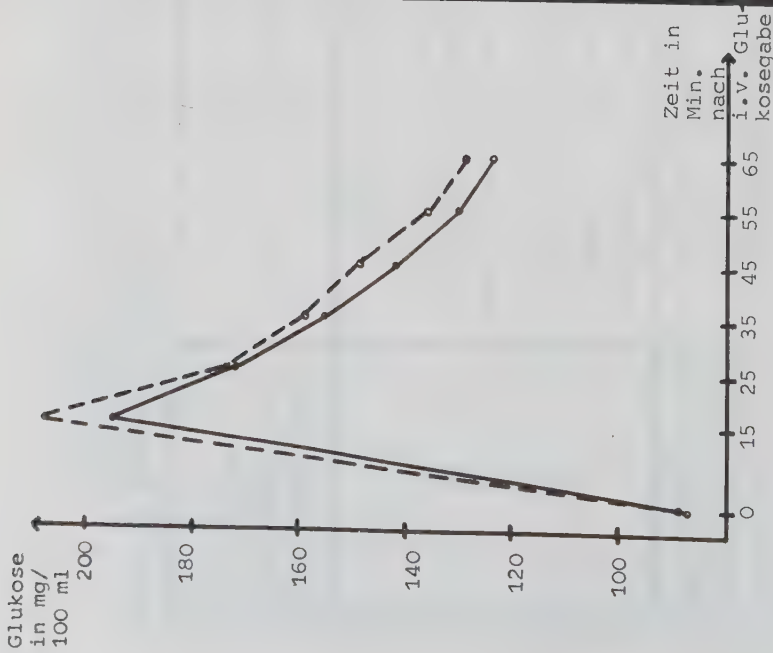


Abb. 1: Verlauf des i.v.GTT bei Patienten der Mamma-Ca-Gruppe am Anfang (0-1000 R HD) und Ende (3500-4700 R HD) der Bestrahlung. (— 0-1000 R HD; --- 3500-4700 R HD). Darstellung der Mittelwerte.

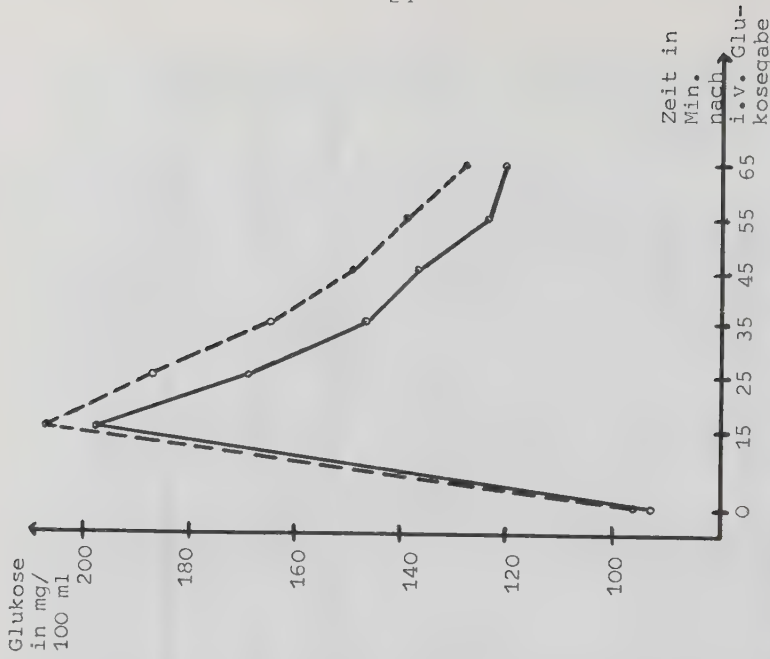


Abb. 2: Verlauf des i.v.GTT bei Patienten der Bauchraum-Bestr.-Gruppe am Anfang (0-1000 R HD) und Ende (3500-4700 R HD) der Bestrahlung. (— 0-1000 R HD; --- 3500-4700 R HD). Darstellung der Mittelwerte.

| Zeit in Min.<br>nach oraler<br>Glukosegabe | Mamma-Ca-Gruppe      |                  | Bauchraum-Bestr.-Gruppe |                  |
|--------------------------------------------|----------------------|------------------|-------------------------|------------------|
|                                            | 0-1000 R HD          | 3500-4700 R HD   | 0-1000 R HD             | 3500-4700 R HD   |
| 0                                          | 89,3 $\pm$ 10,9      | 91,4 $\pm$ 12,8  | 90,9 $\pm$ 12,3         | 102,9 $\pm$ 23,6 |
| 60                                         | 151,1 $\pm$ 37,9     | 167,0 $\pm$ 45,2 | 146,5 $\pm$ 25,7        | 141,4 $\pm$ 35,9 |
| 90                                         | 126,5 $\pm$ 32,6     | 159,7 $\pm$ 50,1 | 130,9 $\pm$ 18,9        | 151,0 $\pm$ 28,0 |
| 120                                        | 112,8 $\pm$ 40,4     | 124,3 $\pm$ 47,3 | 110,3 $\pm$ 21,7        | 125,9 $\pm$ 33,9 |
| 180                                        | 84,6 $\pm$ 20,2      | 97,5 $\pm$ 32,7  | 77,0 $\pm$ 10,2         | 99,0 $\pm$ 16,8  |
|                                            | Glukose in mg/100 ml |                  | Glukose in mg/100 ml    |                  |

Tab. 18: Nüchternblutzuckerwert und Verlauf des oralen Glukosetoleranztestes am Anfang (0-1000 R HD) und Ende (3500-4700 R HD) der Bestrahlung bei Patienten der Mamma-Ca-Gruppe und der Bauchraum-Bestr.-Gruppe (\* Signifikant höher ( $P < 0,02$ ) als 180 Minuten-Wert bei 0-1000 R HD). Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichung.

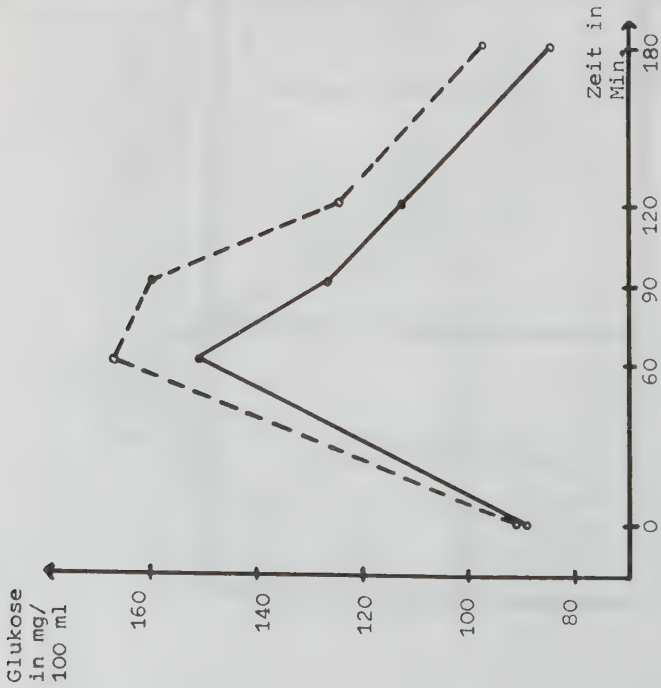


Abb. 3: Verlauf des o. GTT bei Patienten der Mamma-Ca-Gruppe am Anfang (0-1000 R HD) und Ende (3500-4700 R HD) der Bestrahlung. Darstellung der Mittelwerte. (— 0-1000 R HD; --- 3500-4700 R HD).

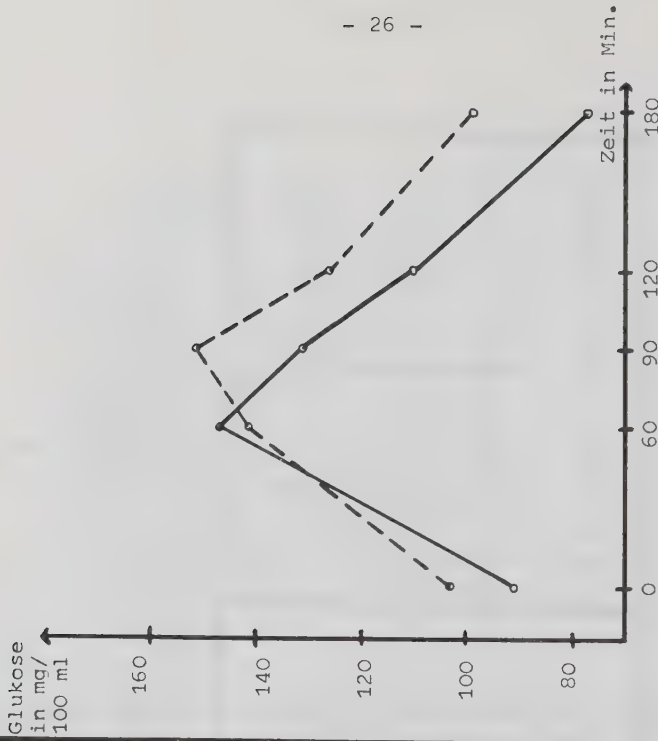


Abb. 4: Verlauf des o. GTT bei Patienten der Bauchraum-Bestr.-Gruppe am Anfang (0-1000 R HD) und Ende (3500-4700 R HD) der Bestrahlung. Darstellung der Mittelwerte. (— 0-1000 R HD; --- 3500-4700 R HD).

haben wiederum die Toleranzkurven bei 3500 bis 4700 R HD einen höheren Gipfel und einen merklich langsameren Abfall der Glukosekonzentration als bei Bestrahlungsanfang (s. Tab. 18 und Abb. 3 u. 4). Dabei ist interessanterweise für die Bauchraum-Bestr.-Gruppe bei der 3500-4700 R HD-Kurve der Gipfel verspätet und das Maximum der Blutglukosekonzentration liegt nicht wie normalerweise bei 60 Minuten, sondern erst bei 90 Minuten nach Glukosegabe (s. Tab. 18 und Abb. 4). Dies könnte auf eine verzögerte Glukoseresorption aus dem Darm hindeuten. Bis auf den erwähnten verspäteten Glukosegipfel sind auch hier die Testkurven beider Gruppen recht ähnlich. Der einzige signifikante Unterschied zwischen Bestrahlungsanfang- und Bestrahlungsende-Kurve ist bei der Bauchraum-Bestr.-Gruppe zu beobachten: Hier ist 180 Minuten nach Glukosegabe die Blutglukosekonzentration signifikant erhöht ( $P < 0,02$ ; s. Tab. 18).

#### c) Cholesterinbelastung:

##### Cholesterin:

Bei beiden Gruppen (Mamma-Ca-Gruppe und Bauchraum-Bestr.-Gruppe) zeigt sich am Bestrahlungsende gegenüber dem Bestrahlungsanfang, daß die Serum-Cholesterinkonzentration leicht abgefallen ist (s. Tab. 19). Alle Kurven zeigen gleichlaufenden Abfall der Cholesterinkonzentration bis 120 Minuten nach Cholesteringabe (s. Tab. 19 und Abb. 5 u. 6). Durch die große Streuung der Werte bedingt, gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Kurven am Anfang und am Ende der Bestrahlung. Vergleicht man die Kurven der beiden Gruppen miteinander, so ist festzustellen, daß am Bestrahlungsanfang die Nüchternwerte der Bauchraum-Bestr.-Gruppe deutlich niedriger und am Bestrahlungsende signifikant niedriger ( $P < 0,05$ ) liegen als bei der Mamma-Ca-Gruppe (s. Tab. 19). Der prozentuale Verlauf der Belastungskurven dagegen ist sowohl bei 0-1000

| Zeit in Min.<br>nach oraler<br>Cholesteringabe | Mamma-Ca-Gruppe          |                  | Bauchraum-Bestr.-Gruppe  |                   |
|------------------------------------------------|--------------------------|------------------|--------------------------|-------------------|
|                                                | 0-1000 R HD              | 3500-4700 R HD   | 0-1000 R HD              | 3500-4700 R HD    |
| 0                                              | 239,3 $\pm$ 40,6         | 226,3 $\pm$ 33,7 | 206,0 $\pm$ 19,3         | 183,9 $\pm$ 41,2* |
| 30                                             | 224,5 $\pm$ 32,4         | 211,0 $\pm$ 31,3 | 195,3 $\pm$ 21,9         | 171,5 $\pm$ 38,3  |
| 60                                             | 223,6 $\pm$ 34,2         | 209,2 $\pm$ 27,8 | 192,6 $\pm$ 21,9         | 165,5 $\pm$ 34,3  |
| 120                                            | 219,2 $\pm$ 30,9         | 208,1 $\pm$ 25,6 | 191,8 $\pm$ 22,7         | 169,9 $\pm$ 37,6  |
|                                                | Cholesterin in mg/100 ml |                  | Cholesterin in mg/100 ml |                   |

Tab. 19: Nüchternwerte von Serumcholesterin und Verlauf der Cholesterinwerte bei oraler Cholesterinbelastung am Anfang (0-1000 R HD) und Ende (3500-4700 R HD) der Bestrahlung bei den Patienten der Mamma-Ca-Gruppe und der Bauchraum-Bestr.-Gruppe. Mittelwerte + Standardabweichung. (\*Signifikant niedriger ( $P < 0,05$ ) als Nüchternwert am Bestr.-Ende der Mamma-Ca-Gruppe)

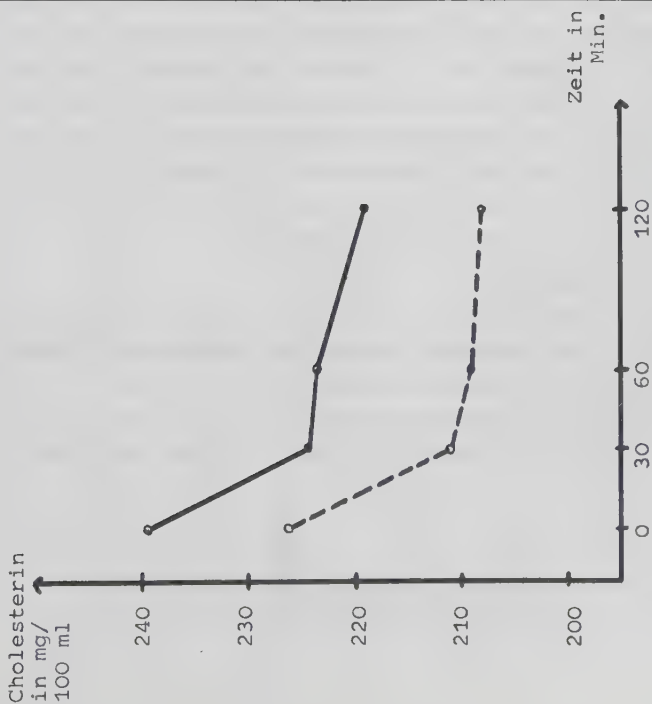


Abb. 5: Verlauf der Cholesterinkonzentration im Serum während Cholesterinbelastung bei Patienten der Mamma-Ca-Gruppe am Anfang (0-1000 R HD) und Ende (3500-4700 R HD) der Bestrahlung. Darstellung der Mittelwerte. (— 0-1000 R HD; --- 3500-4700 R HD).

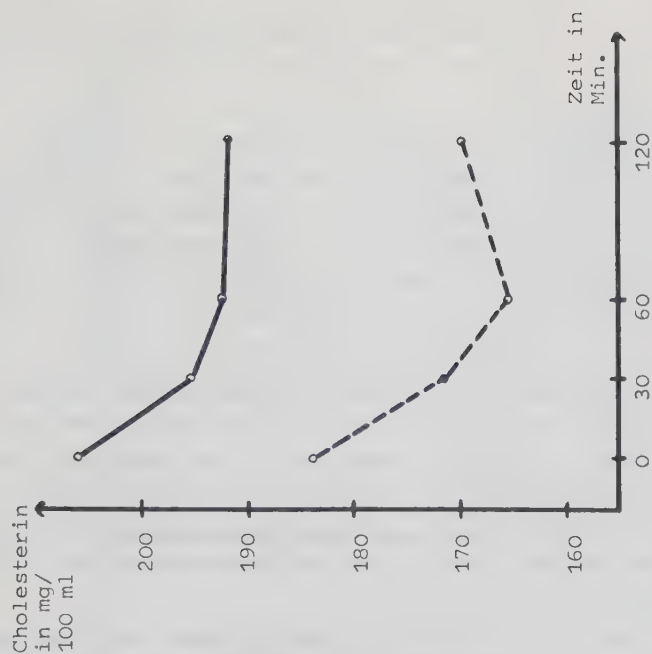


Abb. 6: Verlauf der Cholesterinkonzentration im Serum während Cholesterinbelastung bei Patienten der Bauchraum-Bestr.-Gruppe am Anfang (0-1000 R HD) und Ende (3500-4700 R HD) der Bestrahlung. Darstellung der Mittelwerte. (— 0-1000 R HD; --- 3500-4700 R HD).

R HD wie auch bei 3500-4700 R HD bei beiden Gruppen fast gleich.

#### $\beta$ -Lipoproteide:

In der Mamma-Ca-Gruppe zeigt sich ein leichter Abfall des Nüchternwertes bei Bestrahlungsende gegenüber dem Bestrahlungsanfang (s. Tab. 20). Die Kurve bei 3500-4700 R HD hat hier eine durchgehend abfallende Tendenz gegenüber der Kurve bei 0-1000 R HD, die erst abfällt, dann aber wieder ansteigt (s. Tab. 20 und Abb. 7). Keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Kurven.

Die Bauchraum-Bestr.-Gruppe läßt dagegen einen signifikanten Abfall ( $P < 0,01$ ; s. Tab. 20) des Nüchternwertes bei 3500-4700 R HD gegenüber 0-1000 R HD erkennen. Beide Kurven haben anfangs eine abfallende, dann ansteigende Tendenz, der Abfall bei Bestrahlungsanfang ist allerdings prozentual stärker und der Wiederanstieg schwächer als bei Bestrahlungsende (s. Tab. 20 und Abb. 8).

Vergleicht man die beiden Gruppen, so sieht man, daß bei Bestrahlungsanfang die Bauchraum-Bestr.-Gruppe leicht niedrigere, bei Bestrahlungsende signifikant ( $P < 0,01$ ; s. Tab. 20) niedrigere Nüchternwerte aufweist als die Mamma-Ca-Gruppe. Der Verlauf der Belastungskurven zeigt bei 0-1000 R HD prozentual stärkeren Abfall und langsameren Anstieg der Bauchraum-Bestr.-Gruppe; bei 3500-4700 R HD verhalten sich die Kurvenverläufe beider Gruppen jedoch einander entsprechend.

#### d) Freie Fettsäuren:

Bei Mamma-Ca-Gruppe keine Veränderungen, bei Bauchraum-Bestr.-Gruppe leichter Anstieg der Serumkonzentration der freien Fettsäuren zum Ende der Bestrahlung (s. Tab. 21 und Abb. 9). Die Serumkonzentration der Bauchraum-Bestr.-Gruppe ist höher als die der Mamma-Ca-Gruppe, es

| Zeit in Min.<br>nach oraler Cholesteringabe | Mamma-Ca-Gruppe             |                | Bauchraum-Bestr.-Gruppe     |                |
|---------------------------------------------|-----------------------------|----------------|-----------------------------|----------------|
|                                             | 0-1000 R HD                 | 3500-4700 R HD | 0-1000 R HD                 | 3500-4700 R HD |
| 0                                           | 454,9+66,5                  | 448,7+56,3     | 438,9+35,3                  | 348,7+60,1*+   |
| 30                                          | 426,2+65,5                  | 431,1+67,0     | 397,6+37,0                  | 332,2+49,4     |
| 60                                          | 441,3+78,1                  | 426,5+70,9     | 402,1+35,2                  | 328,6+35,1     |
| 120                                         | 452,3+73,5                  | 417,9+62,0     | 406,1+37,7                  | 337,9+47,1     |
|                                             | β-Lipoproteide in mg/100 ml |                | β-Lipoproteide in mg/100 ml |                |

Tab. 20: Nüchternwerte von Serum-β-Lipoproteiden und Verlauf der β-Lipoproteid - Werte bei oraler Cholesterinbelastung am Anfang (0-1000 R HD) und Ende (3500-4700 R HD) der Bestrahlung bei Patienten der Mamma-Ca-Gruppe und Bauchraum-Bestr.-Gruppe. Mittelwerte + Standardabweichung. (\*signifikant niedriger (P<0,01) als O-Min.-wert bei 0-1000 R HD; +signifikant niedriger (P<0,01) als O-Min.-wert bei 3500-4700 R HD der Mamma-Ca-Gruppe).

$\beta$ -Lipoproteide  
in mg/  
100 ml



Abb. 7:  $\beta$ -Lipoproteid-Konzentration im Serum während Cholesterinbelastung bei Patienten der Mamma-Ca-Gruppe am Anfang (0-1000 R HD) und Ende (3500-4700 R HD) der Bestrahlung. Darstellung der Mittelwerte. (— 0-1000 R HD; --- 3500-4700 R HD).

$\beta$ -Lipoproteide  
in mg/  
100 ml

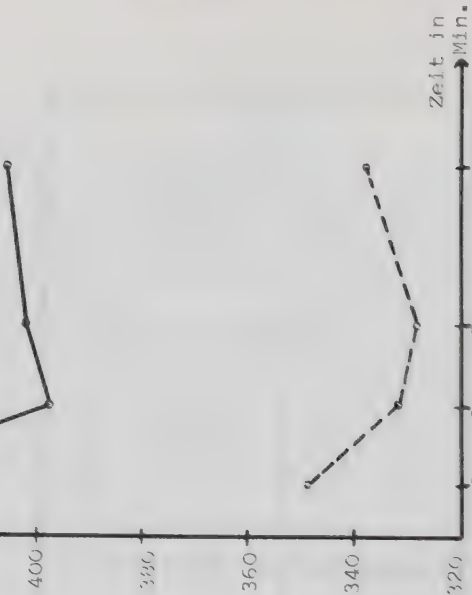


Abb. 8:  $\beta$ -Lipoproteid-Konzentration im Serum während Cholesterinbelastung bei Patienten der Bauchaum-Bestr.-Gruppe am Anfang (0-1000 R HD) und Ende (3500-4700 R HD) der Bestrahlung. Darstellung der Mittelwerte. (— 0-1000 R HD; --- 3500-4700 R HD).

|                                     | Mamma-Ca-Gruppe  |                  |                   | Bauchraum-Bestr.-Gruppe |                  |                   |
|-------------------------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------------|------------------|-------------------|
|                                     | O-1000<br>R HD   | 2300<br>R HD     | 3500-4700<br>R HD | O-1000<br>R HD          | 2300<br>R HD     | 3500-4700<br>R HD |
| freie Fettsäuren<br>in mVal/1000 ml | 0,345 +<br>0,209 | 0,338 +<br>0,167 | 0,344 +<br>0,122  | 0,424 +<br>0,258        | 0,447 +<br>0,228 | 0,485 +<br>0,212  |
| freies Glycerin<br>in mg/100 ml     | 1,24 +<br>0,34   | 1,10 +<br>0,57   | 1,33 +<br>0,57    | 1,47 +<br>0,77          | 1,35 +<br>0,63   | 1,66 +<br>0,56    |
| Neutralfett<br>in mg/100 ml         | 122,7 +<br>71,9  | 124,9 +<br>69,8  | 136,1 +<br>78,6   | 108,4 +<br>50,8         | 118,3 +<br>35,5  | 135,2 +<br>44,2   |

Tab. 21: Nüchtern-Serumwerte von freien Fettsäuren, freiem Glycerin und Neutralfett am Anfang (O-1000 R HD), in der Mitte (2300 R HD) und am Ende (3500-4700 R HD) der Bestrahlung bei Patienten der Mamma-Ca-Gruppe und der Bauchraum-Bestr.-Gruppe. Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichung.

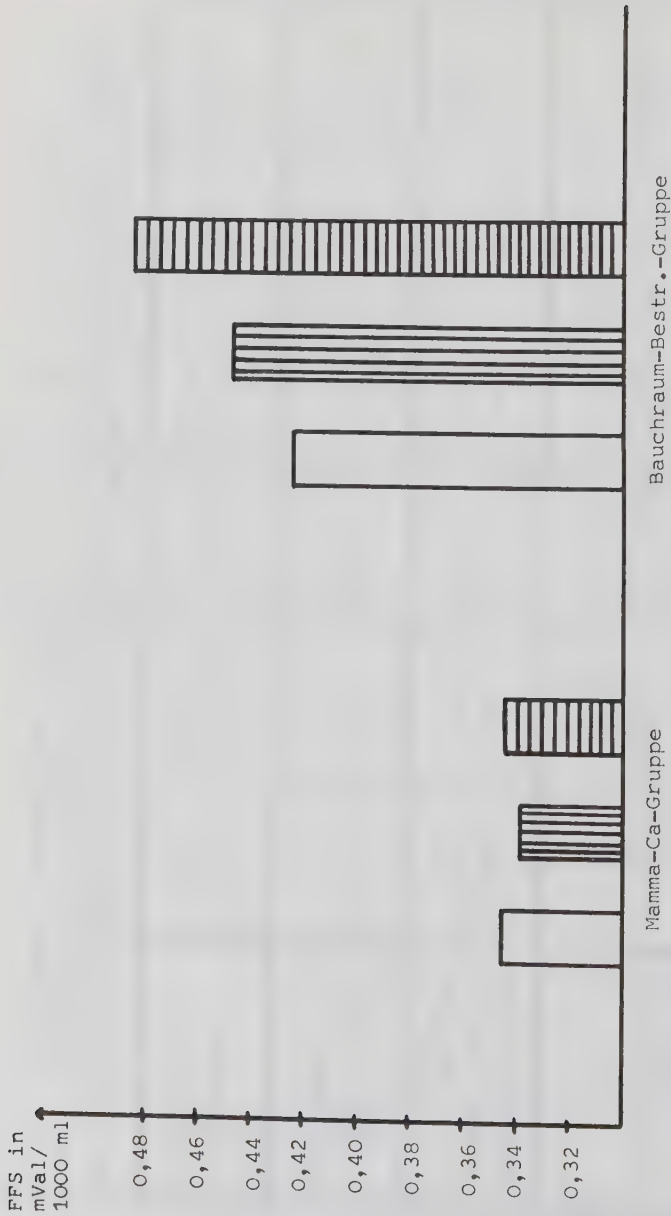


Abb. 9: Serumkonzentration von freien Fettsäuren (FFS) bei Patienten der Mamma-Ca-Gruppe und der Bauchraum-Bestr.-Gruppe am Anfang (0-1000 R HD), in der Mitte (2300 R HD) und am Ende (3500-4700 R HD) der Bestrahlung. Darstellung der Mittelwerte. (□ 0-1000 R HD; ▨ 2300 R HD; ▩ 3500-4700 R HD).

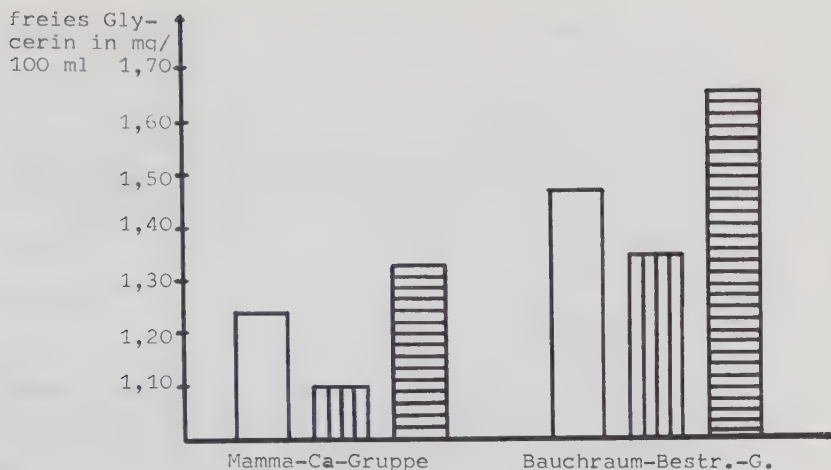


Abb.10: Serumkonzentration von freiem Glycerin bei Patienten der Mamma-Ca-Gruppe und der Bauchraum-Bestr.-Gruppe am Anfang (0-1000 R HD), in der Mitte (2300 R HD) und am Ende (3500-4700 R HD) der Bestrahlung. Darstellung der Mittelwerte. (□ 0-1000 R HD; ▤ 2300 R HD; ▨ 3500-4700 R HD).

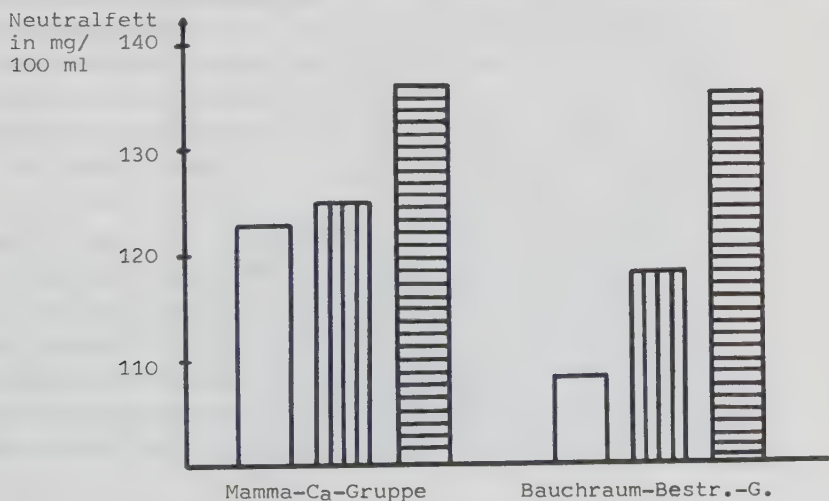


Abb. 11: Serumkonzentration von Neutralfett bei Patienten der Mamma-Ca-Gruppe und der Bauchraum-Bestr.-Gruppe am Anfang (0-1000 R HD), in der Mitte (2300 R HD) und am Ende (3500-4700 R HD) der Bestrahlung. Darstellung der Mittelwerte. (□ 0-1000 R HD; ▤ 2300 R HD; ▨ 3500-4700 R HD).

bestehen jedoch keine signifikanten Unterschiede (s. Tab. 21).

e) Freies Glycerin:

Bei beiden Gruppen leichter Anstieg der Serumkonzentration zum Ende der Bestrahlung (s. Tab. 21 und Abb. 10). Die Werte der Bauchraum-Bestr.-Gruppe liegen höher als die der Mamma-Ca-Gruppe (s. Tab. 21). Keine signifikanten Unterschiede.

f) Neutralfett:

Die Konzentration der Neutralfette im Serum ist bei beiden Gruppen gegen Bestrahlungsende leicht angestiegen (s. Tab. 21 und Abb. 11). Die Bauchraum-Bestr.-Gruppe zeigt etwas niedrigere Anfangswerte und einen stärkeren Anstieg als die Mamma-Ca-Gruppe (s. Tab. 21).

g) Diabetikergruppe:

Da diese Gruppe nur aus drei Patienten besteht, können die Ergebnisse nicht statistisch ausgewertet werden, sie sollen aber dennoch erwähnt und interpretiert werden. Bei den freien Fettsäuren erfolgt ein geringer Anstieg der Serumkonzentration zum Bestrahlungsende (s. Tab. 16). Beim freien Glycerin zeigen sich keine Änderungen (s. Tab. 16). Die Konzentration der Neutralfette im Serum steigt dagegen zum Bestrahlungsende stark an (s. Tab. 16). Die Nüchternwerte von Cholesterin und  $\beta$ -Lipoproteiden erhöhen sich unter der Bestrahlung leicht (s. Tabb. 10 u. 13).

Der orale Glukosetoleranztest läßt bei Bestrahlungsende einen niedrigeren Nüchternwert und niedrigeren Gipfel, aber insgesamt langsameren Abfall als bei Bestrahlungsanfang erkennen (s. Tab. 7). Alle oralen Glukosetoleranzkurven dieser Gruppe verlaufen pathologisch: erhöhter Nüchternwert und Blutzuckergipfel, verlangsamter Abfall der Kurve, 180 Minutenwert noch sehr hoch (20-30 % hö-

her als der Nüchternwert; s. Tab. 7). Es bestehen jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Kurven bei 0-1000 R HD und 3500-4700 R HD.

Ein intravenöser Glukosetoleranztest wurde bei den Patienten der Diabetikergruppe nicht durchgeführt.

## DISKUSSION:

Die Veränderungen bei den Komplexen Glukose/Glukosetoleranz, Cholesterin/ $\beta$ -Lipoproteide und freie Fettsäuren/freies Glycerin/Neutralfett unter Bestrahlung sollen zuerst einzeln erörtert und anschließend zusammenfassend interpretiert werden.

### 1. Glukose/Glukosetoleranz:

Wenn die Veränderungen bei den hier untersuchten strahlenbehandelten Patienten auch nicht signifikant sind, so zeichnet sich doch unter der Bestrahlung eine Tendenz zur verringerten Glukosetoleranz ab. Dies äußert sich einmal in den höheren Nüchternblutzuckerwerten, zum anderen im erhöhten Glukosegipfel und dem langsameren Blutzuckerabfall bei den Glukosetoleranztests am Ende der Bestrahlung verglichen mit denen am Bestrahlungsanfang. Besonders deutlich zeigt sich dieser erhöhte Nüchternblutzucker und der langsamere Abfall der Belastungskurve am Ende der Bestrahlungszeit beim oralen Glukosetoleranztest der Bauchraum-Bestr.-Gruppe (s. Tab. 18 und Abb.4).

SCHAUDIG (1958) findet dagegen erniedrigte Blutzuckerwerte am Ende einer Bestrahlung von Patienten, allerdings sieht er auch einen Anstieg des Blutzuckers kurz nach Bestrah-

lung. Verschiedene Autoren finden bei Tieren Abnahme der Glukoseverträglichkeit (HUG (1959)), länger erhöhte Blutzuckertoleranzkurven, die aber nicht diabetisch waren (McKEE (1952), McKEE u. a. (1956)) oder verminderte Glukosetoleranz (ORD u. a. (1961)) nach Bestrahlung.

Erhöhte Blutglukosekonzentrationen, teilweise sofort, teilweise auch noch Wochen nach der Bestrahlung bei Mäusen, Ratten, Meerschweinchen und Kaninchen werden in zahlreichen Arbeiten erwähnt (KOHN (1951 a, 1951 b), McKEE u. a. (1956), SHERMAN u. a. (1956), HUG (1959), ORD u. a. (1961), CATRAVAS (1969), STREFFER (1969), BERNDT u. a. (1970 a), IBRAHIM u. a. (1970), SOBOCINSKI u. a. (1972)).

Für die erhöhte Blutglukosekonzentration und verringerte Glukosetoleranz nach Bestrahlung werden in der Literatur unterschiedliche Erklärungen angeführt. Einige Autoren erklären den Blutzuckeranstieg nach Bestrahlung mit erhöhter Glukoneogenese (McKEE (1952), McKEE u. a. (1956), ORD u. a. (1961), STREFFER (1966), SOBOCINSKI u. a. (1972)), ein anderer (KOHN (1951 b)) mit Primäreffekt der Strahlung.

ORD u. a. (1961) und SOBOCINSKI u. a. (1972) führen die verstärkte Glukoneogenese auf die Zerstörung von strahlensensiblen Geweben durch die Bestrahlung und das darauf folgende Angebot von Proteinabbauprodukten an die Leber zurück. HILL u. a. (1956) finden, daß der Glukosestoffwechsel nach Bestrahlung schon sehr früh gestört wird und meinen, daß die Veränderung eventuell durch Störung des Glukosetransfers in die Zelle und der dortigen Glukosephosphorylierung bewirkt werden kann, ähnlich wie beim Diabetes mellitus, da die Be-

strahlung ebenfalls Hyperglykämie, gestörte Glukosetoleranz und verminderte Glukoseumwandlung in Glykogen, Fettsäuren und  $\text{CO}_2$  bei normalem Fruktosestoffwechsel bewirkt. McKEE (1952) und McKEE u. a. (1956) finden allerdings keine diabetischen Blutzuckertoleranzkurven nach Bestrahlung.

Die meisten Autoren sind sich einig, daß eine Stimulierung des Hypophysen-Nebennierenrinden-Systems wesentlich an den Glukosestoffwechselstörungen nach Bestrahlung beteiligt ist (KOHN (1951 b), McKEE (1952), McKEE u. a. (1956), ORD u. a. (1961)). McKEE und Mitarbeiter (1956) finden bei adrenaletomierten und hypophysektomierten Ratten keine merkbaren, KOHN (1951 b) geringe Anstiege der Blutglukosekonzentration nach Bestrahlung. Die Untersuchungen verschiedener Autoren weisen auf eine gesteigerte Nebennierenaktivität nach Bestrahlung hin (NORTH u. a. (1949), HUG (1959), FLEMMING u. a. (1964 u. 1967), FLEMMING (1967 u. 1969), STREFFER (1969)), während BAKER u. a. (1960) keine Erhöhung der Steroidproduktion der Nebennierenrinde finden. STREFFER (1969) meint, daß die Bestrahlung offensichtlich zu einer Stimulierung der Nebennierenrindenfunktion durch die Hypophyse führe, "so daß unter diesem Einfluß eine Hypertrophie des Nebennierengewebes eintritt" (S. 130). HUG (1959) erwähnt eine Zunahme der  $\alpha$ -Zellen der Hypophyse bei Bestrahlung und folgert, man könne daraus vielleicht auf eine erhöhte ACTH-Produktion schließen. Weiter erwähnt er, daß Mäuse nach Ganzkörperbestrahlung anfangs verstärkt Gesamtkortikoide und 17-Keto-Steroide im Urin ausscheiden. Auch bei Menschen, die infolge von Unglücksfällen Strahleneinwirkungen ausgesetzt waren, seien in einigen Fällen diese Substanzen in erhöhtem Ausmaße im Harn ausgeschieden worden. FLEMMING und Mitarbeiter (1967) mei-

nen, daß die von ihnen nach Bestrahlung von Ratten gefundene signifikante Erhöhung des Corticosterongehaltes in Nebennieren und peripherem Blut vielleicht einige der Veränderungen infolge Bestrahlung erklären könnte, daß also Stoffwechselveränderungen nach Strahleneinwirkung durch verstärkte Kortikoidwirkungen - bedingt durch erhöhte Kortikoidproduktion - verursacht sein können. In einer weiteren Untersuchung findet FLEMMING (1967), daß bei Ratten nach Bestrahlung die Glukokortikoide relativ stärker erhöht sind als die Mineralokortikoide. Er kommentiert, daß dies eine Erklärung dafür wäre, daß manche Krankheitserscheinungen, die als Symptome einer gesteigerten Nebennierenrindenaktivität oder einer Glukokortikoidvergiftung bekannt sind, auch im Gefolge einer Strahlenexposition auftreten: Leberverfettung (s. AGOSTINI u. a. (1964)), Glykogenablagerung in der Leber (s. BERNDT u. a. (1966)) etc.

Da die Glukokortikoide Antagonisten des Insulins sind (Hemmung der intrazellulären Glukoseverwertung, Steigerung der Blutglukosekonzentration durch Glukoneogenese), könnte eine strahleninduzierte Steigerung der Glukokortikoidproduktion durchaus die Phänomene der verringerten Glukosetoleranz und des erhöhten Blutzuckerspiegels nach Bestrahlung verursachen.

Die Änderungen des Glukosetransportes durch die Darmwand nach Bestrahlung, die von verschiedenen Autoren (DETRICK u. a. (1955), FARRAR u. a. (1956), ORD u. a. (1961), PERRIS (1966 u. 1968), VAN DUYET u. a. (1968)) festgestellt wurden, dürften bei der Beeinflussung der Blutglukosekonzentration kaum eine Rolle spielen, sie würden auch eher einen Abfall des Blutzuckerspiegels bewirken.

## 2. Cholesterin/ $\beta$ -Lipoproteide:

Sowohl die Cholesterin- als auch die  $\beta$ -Lipoproteid-Konzentration im Serum sind am Ende der Bestrahlung erniedrigt gegenüber den Werten am Bestrahlungsanfang. Bei der Mamma-Ca-Gruppe ist dieser Abfall bei beiden Substanzen nur gering ausgeprägt, in der Bauchraum-Bestr.-Gruppe ist dagegen bei Cholesterin eine stärkere und bei den  $\beta$ -Lipoproteiden sogar eine signifikante Abnahme zu verzeichnen (s. Tab. 19 und 20). Die Konzentrationsänderungen von Serumcholesterin und  $\beta$ -Lipoproteiden müssen weitgehend parallel gehen, da ein großer Teil des Serumcholesterins an  $\beta$ -Lipoproteide gebunden ist.

HEWITT u. a. (1953 u. 1956) finden bei Kaninchen, Hunden und Ratten eine Erhöhung der Gesamtlipoproteine nach Bestrahlung, die hauptsächlich verursacht wird durch einen Anstieg von "high density lipoproteins". Sie vermuten eine strahlenbedingte Störung der Umwandlung von "high density lipoprotein" in "low density lipoprotein" (dazu zählen auch die  $\beta$ -Lipoproteide) und halten dies für einen pathogenetischen Faktor der strahleninduzierten Lipämie, da vornehmlich die "low density lipoproteins" Transportvehikel der Blutlipide darstellen. Bei Mäusen dagegen finden die Autoren einen deutlichen Abfall der Lipoprotein-Konzentration im Blut.

Das Verhalten der Cholesterinkonzentration im Serum nach Bestrahlung wird von den einzelnen Autoren sehr unterschiedlich gefunden und scheint auch von der Tierart abzuhängen. Während nach BERNDT (1970) und BERNDT und Mitarbeitern (1970 b) bei Mäusen die Serumcholesterinkonzentration nach Bestrahlung unverändert bleibt, finden DI LUZIO u. a. (1957) und ELKO und Mitarbeiter (1958, 1959, 1960 u. 1961) bei Kaninchen signifikante Erhöhungen. Bei Ratten beschreiben EBERHAGEN u. a.

(1968) einen anfänglichen Abfall und später erhöhte Serumcholesterinwerte nach Bestrahlung, GOTTWALD u. a. (1970) und KOHN (1951 a) einen anfänglichen Anstieg und spätere Rückkehr zu Normalwerten und NORTH u. a. (1949), GOULD u. a. (1959 u. 1970) und SHELLEY (1966) Erhöhungen der Cholesterinkonzentration. KOHN (1951 b) findet auch bei unreifen und adrenaletomierten Ratten erhöhte Serumcholesterinkonzentrationen, was mit den Untersuchungen von GOULD u. a. (1959 u. 1970) übereinstimmt, die auch bei adrenaletomierten Tieren einen strahleninduzierten Anstieg der Cholesterinsynthese sehen.

Eine gesteigerte Cholesterinsynthese nach Bestrahlung geben viele Autoren an (BUCHER u. a. (1959), GOULD u. a. (1956, 1959 u. 1970), BERNDT (1970), BERNDT u. a. (1970 b u. 1973)), sowohl bei Ratten als auch bei Mäusen. Bei Meerschweinchen und Kaninchen bleibt die Bestrahlung bezüglich der Cholesterinsynthese ohne Effekt (GOULD u. a. (1959)). GOTTWALD u. a. (1970) sehen nach lokaler Leberbestrahlung bei Ratten einen Anstieg der Cholesterinkonzentration in Serum und Leber und nehmen an, daß eine gesteigerte Cholesterinsynthese der Leber für den Anstieg verantwortlich ist. Dagegen finden PANDE u. a. (1962) bei Ratten, die mit Glukose bis zur Glukosurie gefüttert wurden, keinen Unterschied in der Cholesterinsynthese bei bestrahlten und unbestrahlten Tieren. Die Cholesterinsynthese normal gefütterter, unbestrahlter Tiere war dagegen wesentlich geringer. Die Gesamtmenge des Lebercholesterins war bei allen drei Gruppen gleich. Die Autoren führen den in der Literatur berichteten Anstieg der Cholesterinsynthese bei bestrahlten, hungernden Tieren auf eine verstärkte Verfügbarkeit von Kohlenhydraten infolge verstärkten Zusammenbruches von Gewebsproteinen bei Bestrahlung zurück.

STREFFER (1969), BERNDT (1970) und BERNDT u. a. (1970 b u. 1973) machen einen strahleninduzierten Aktivitätsanstieg der  $\beta$ -Hydroxy- $\beta$ -Methyl-Glutaryl-CoA-Reduktase (HMG-CoA-Reduktase) für die erhöhte Cholesterinsynthese nach Bestrahlung verantwortlich. GOULD u. a. (1959) meinen, daß die strahlenbedingte Abnahme des freien Cholesterins in der Leber die Biosynthese stimuliert.

GOULD u. a. (1956) und BERNDT u. a. (1970 b) interpretieren die von ihnen gefundenen Diskrepanzen zwischen gesteigerter Cholesterinsynthese in der Leber und unverändertem, bzw. verringertem Lebercholesteringehalt nach Bestrahlung als Folge einer gesteigerten Umsatzrate von Leber- und Blutcholesterin, hervorgerufen durch die Strahleneinwirkung.

Die bei unseren Patienten gefundene Abnahme der Cholesterinwerte im Serum unter Bestrahlung könnte vielleicht ebenfalls mit einer erhöhten Umsatzrate des Cholesterins erklärt werden, die Abnahme der  $\beta$ -Lipoproteide mit der von HEWITT u. a. (1953 u. 1956) erwähnten Umwandlungsstörung der "high density lipoproteins" in "low density lipoproteins".

Die Cholesterinbelastung bei unseren Patienten ergab sowohl am Anfang als auch am Ende der Bestrahlung bei allen Patientengruppen eine Abnahme der Serumcholesterinkonzentration bis 120 Minuten nach oraler Gabe des Cholesterins (die Serumwerte der  $\beta$ -Lipoproteide verhielten sich etwa analog). Es zeigten sich also keine Änderungen der Belastungskurven unter Bestrahlung (s. Tab. 19 u. 20 und Abb. 5 bis 8).

Bei Versuchen an Ratten mit einer Cholesterinfütterung in einer Menge von 0,5-5% der zugeführten Nahrung finden TOMKINS u. a. (1953), BUCHER u. a. (1959), SIPER-

STEIN u. a. (1966) und LINN (1967) eine starke Verminderung der Lebercholesterinsynthese aus Acetat. TOMKINS u. a. (1953) sehen auch schon zwölf Stunden nach Gabe von 0,5 g Cholesterin eine Abnahme der Cholesterinsynthese. LINN (1967) und SIPERSTEIN u. a. (1966) meinen, daß die Cholesterinfütterung auf dem Wege einer Verminderung der HMG-CoA-Reduktase-Aktivität zur Hemmung der Cholesterinbiosynthese führt. GOULD u. a. (1970) berichten über einen Anstieg der Cholesterinsynthese aus Acetat bei Bestrahlung cholesteringefütterter Ratten, der aber geringer ist als bei nicht cholesteringefütterten, bestrahlten Ratten. Die Hemmung der Cholesterinbiosynthese durch Cholesteringabe wird also durch Bestrahlung teilweise aufgehoben.

Daß unsere Patienten keine Änderungen der Cholesterinbelastungskurven unter Bestrahlung zeigten, kann einmal darauf zurückzuführen sein, daß sich die Umstellungen der Cholesterinsynthese nicht oder nur ganz allmählich in Änderungen der Serumcholesterinkonzentration bemerkbar machen. Zum anderen spielen die geringe verabreichte Cholesterindosis (0,5 g reines Cholesterin, eine höhere Dosis konnte den Patienten nicht zugemutet werden), der kurze Beobachtungszeitraum und die geringere Strahlenbelastung unserer Patienten wahrscheinlich eine Rolle.

### 3. Freie Fettsäuren/freies Glycerin/Neutralfett:

#### a) Freie Fettsäuren und freies Glycerin:

Bei der Mamma-Ca-Gruppe sind keine Änderungen der Serumkonzentration der freien Fettsäuren unter Bestrahlung, bei der Bauchraum-Bestr.-Gruppe ein leichter Anstieg zu sehen. Die Serumkonzentrationen von freiem Glycerin verhalten sich ähnlich. Nimmt man die Konzen-

trationsänderungen von freien Fettsäuren und freiem Glycerin als Maß für eine periphere Lipolyse unter der Bestrahlung, so kann man allenfalls bei der Bauchraum-Bestr.-Gruppe von einer geringfügig gesteigerten Lipolyse sprechen.

AGOSTINI u. a. (1964) sehen bei Ratten unter Bestrahlung eine signifikant höhere Freisetzung von freien Fettsäuren (FFS) aus dem Fettgewebe, ELKO u. a. (1961 u. 1964) finden dagegen bei bestrahlten Kaninchen keine Erhöhung der Serumkonzentration von FFS und es scheint ihnen, als ob die Mobilisation von FFS aus den Fettdepots und die intravaskuläre Entfernung von FFS durch die Bestrahlung nicht erhöht werden.

GOULD u. a. (1956 u. 1959) beschreiben bei Ratten eine Steigerung der Fettsäuresynthese in der Leber unter Bestrahlung, MIRAS u. a. (1968) dagegen bei Kaninchen eine Abnahme der Fettsäuresynthese der Leber.

#### b) Neutralfette:

Bei beiden Patientengruppen zeigt sich gegen Ende der Bestrahlung eine leichte Erhöhung der Triglyceridkonzentration im Serum, wobei die Bauchraum-Bestr.-Gruppe einen etwas stärkeren Anstieg zu verzeichnen hat (s. Tab. 21). Bei der Diabetikergruppe sieht man einen starken Anstieg der Neutralfette.

KOHN (1951 a), AGOSTINI u. a. (1964) finden bei Ratten, BERNDT (1970) bei Mäusen, DI LUZIO u. a. (1957), ELKO u. a. (1958, 1959, 1960, 1961 u. 1964) und WOOLLES (1967 u. 1968) bei Kaninchen ein starkes Ansteigen der Triglyceridkonzentration im Serum nach Bestrahlung. GOTTWALD u. a. (1970) beschreiben einen anfänglichen Anstieg, gefolgt von späterem Abfall auf Normalwerte, EBERHAGEN u. a. (1968) einen sofortigen Abfall der Gesamtfettsäuren im Serum mit einem späterem Wieder-

anstieg auf Normalwerte bei der Bestrahlung von Ratten.

Die Erhöhung der Serumtriglyceridkonzentration nach Strahleneinwirkung wird hauptsächlich erklärt durch einen Anstieg der Triglyceridsynthese und vermehrte Triglyceridabgabe der Leber (ELKO u. a. (1961 u. 1964), AGOSTINI u.a. (1964), WOOLLES (1967), BERNDT (1970)). AGOSTINI u. a. (1964) finden erhöhte Freisetzung von FFS aus dem peripheren Fettgewebe nach Bestrahlung und nehmen an, daß diese freigesetzten FFS in die Leber gelangen und dort zur erhöhten Neutralfettsynthese beitragen. Dem widersprechen die Untersuchungen von ELKO u. a. (1961 u. 1964), die keine Erhöhung der FFS im Serum nach Bestrahlung feststellen können und sowohl gesteigerte periphere Fettmobilisation als auch eine gesteigerte intravaskuläre Entfernung von FFS verneinen. WOOLLES (1967 u. 1968) meint, daß die bestrahlungsinduzierte Hypertriglyceridämie teilweise auch durch eine strahlenbedingte Hemmung der Lipoprotein-Lipase-Aktivität (Lipoprotein-Lipase fördert den Eintritt von Triglycerid-Fettsäuren, die an Lipoprotein gebunden sind, in das periphere Fettgewebe) verursacht wird. WOOLLES findet nämlich die Lipoprotein-Lipase-Aktivität gerade zur Zeit des Gipfels der Hypertriglyceridämie stark erniedrigt. ELKO u. a. (1960) zeigen dagegen mit einem Lipid-Toleranz-Test, daß die Hyperlipämie nach Bestrahlung nicht auf eine Unfähigkeit der Aufnahme von Serumtriglyceriden zurückzuführen ist. Weiterhin schließen ELKO u. a. (1958 u. 1959) aus, daß die Erhöhung der Serumlipidfraktionen nach Bestrahlung das Resultat einer Knochenmarksdegeneration mit Ausschwemmung von Knochenmarkslipiden ist. Der Nachweis einer erhöhten Triglyceridsynthese der

Leber nach Bestrahlung wird aufgrund von Einbauser-  
suchen mit radioaktiv markierter Substanz bei Mäusen  
(BERNDT u. a. (1967) u. BERNDT (1970)), Ratten (CATRA-  
VAS (1969), McHALE u. a. (1972)) und Kaninchen (WOOL-  
LES (1967)) erbracht. MIRAS u. a. (1968) finden dagegen ei-  
ne Abnahme der Fettsäuresynthese nach Bestrahlung von  
Kaninchen. PANDE u. a. (1962) können bei Ratten, die  
mit Glukose bis zur Glukosurie gefüttert wurden, keine  
Unterschiede in der Fettsäuresynthese bei bestrahlten  
und unbestrahlten Tieren feststellen. Die Fettsäuresyn-  
these normal gefütterter, unbestrahlter Tiere war da-  
gegen niedriger, die Gesamtmenge der Leberfettsäuren  
bei allen drei Gruppen gleich. Die Autoren ziehen da-  
raus den Schluß, der in der Literatur erwähnte Anstieg  
der Fettsäuresynthese bei bestrahlten, hungernden Tie-  
ren sei auf eine stärkere Verfügbarkeit von Kohlenhy-  
draten infolge verstärkten Zusammenbruchs von Gewebs-  
proteinen bei Bestrahlung zurückzuführen. Auch ELKO u.  
a. (1959) meinen, daß der Anstieg der Leberneutralfette  
wenigstens teilweise Resultat extrahepatischer Gewebs-  
zerstörungen durch Bestrahlung sei. Auf dieses er-  
höhte Kohlenhydratangebot an die Leber, verursacht  
durch vermehrten Zerfall von Gewebsproteinen unter Be-  
strahlung, wiesen schon ORD u. a (1961) und SOBOCINSKI  
u. a. (1972) im Zusammenhang mit dem verstärkten Glyko-  
genstoffwechsel der Leber nach Bestrahlung hin.

Der leichte Anstieg der Neutralfette bei unseren Pa-  
tienten dürfte wohl auch in der gesteigerten Trigly-  
ceridsynthese nach Bestrahlung seine Erklärung finden.  
Die starke Erhöhung der Neutralfette bei der Diabetiker-  
Gruppe scheint gut mit der oben erwähnten Beobachtung  
von PANDE u. a. (1962) übereinzustimmen, daß die stär-  
kere Verfügbarkeit von Kohlenhydraten (hier durch die  
erhöhten Blutglukosewerte der Diabetiker) zu vermehrter

Fettsynthese führt, obgleich beim Diabetes auch noch mannigfache andere Faktoren eine Rolle spielen. •

4. Allgemeine Überlegungen zu den unterschiedlichen Stoffwechselveränderungen bei Mensch und Tier unter Bestrahlung:

Die geringen Stoffwechselveränderungen, die bei den untersuchten Patienten unter Bestrahlung auftreten, die aber in der Tendenz das andeuten, was bei den Untersuchungen bei Tieren viel stärker als strahlenbedingte Stoffwechselveränderung hervortritt, sind wahrscheinlich durch mehrere Faktoren bedingt. Einmal wird bei den Tierversuchen fast ausschließlich eine Ganzkörperbestrahlung vorgenommen und die gesamte Strahlendosis auf einmal gegeben. Bei unseren Patienten dagegen erfolgte nur eine Teilkörperbestrahlung in fraktionierten Strahlendosen. Dadurch können Erholungsvorgänge wirksam werden, die einen Teil der Strahlenwirkung "löschen" (STREFFER (1969)). Zum anderen werden die Tierbestrahlungen fast immer mit Röntgenstrahlen vorgenommen, während unsere Patienten mit  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ -Strahlen behandelt wurden. HUG (1959) und McHALE u. a. (1972) erwähnen, daß Bestrahlung mit  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ -Strahlen verglichen mit konventioneller Röntgenbestrahlung eine geringere Wirkung habe, da sie einen kleineren RBW-Faktor (RBW=relative biologische Wirksamkeit) besitze und die Streuung geringer sei.

Es bleibt weiteren Forschungen vorbehalten, zu untersuchen, ob sich die hier erwähnten strahlenbedingten Stoffwechselveränderungen beim Menschen anhand eines größeren Kollektivs statistisch absichern lassen und ob auch beim Menschen eine gesteigerte Aktivität der Nebennierenrinde nachweisbar und für bestimmte Änderungen im

Stoffwechsel verantwortlich zu machen sind.

#### ZUSAMMENFASSUNG:

Es wurde von der Fragestellung ausgegangen, ob bei Tumor-Patienten unter Bestrahlung ähnliche Stoffwechselveränderungen auftreten, wie dies bei bestrahlten Tieren aus der Literatur bekannt ist.

Dazu wurden drei Gruppen von Patienten untersucht. Die erste Gruppe umfaßte 10 Patienten mit operiertem Mamma-Carcinom, die eine Hochvolt-Bestrahlung der erkrankten Seite und der Lymphabflußgebiete erhielten. Gruppe 2 setzte sich aus 7 Patienten zusammen, die wegen Carcinomerkrankungen in Bauchraum und kleinem Becken eine Hochvolt-Bestrahlung nach der "Marburger Methode" bekamen. Die dritte Gruppe bestand aus 3 Patienten, die wegen Mamma-Carcinom oder Corpus-Carcinom nach den oben genannten Methoden bestrahlt wurden, aber zusätzlich an einem klinisch manifesten Diabetes mellitus erkrankt waren.

An diesen 20 Patienten wurden Untersuchungen zu Anfang (0-1000 R Herddosis) und Ende (3500-4700 R HD) der Bestrahlung durchgeführt, um Änderungen der Glukosetoleranz und der Serumkonzentration von Lipiden (Cholesterin, Neutralfett, freies Glycerin, freie Fettsäuren) und  $\beta$ -Lipoproteiden unter der Bestrahlung zu erfassen. Es ergaben sich insgesamt eine leichte Verminderung der Glukosetoleranz, geringe Erniedrigung des Cholesterins, leichter bis signifikanter Abfall der  $\beta$ -Lipoproteide, leichter Anstieg des freien Glycerins, kaum Veränderungen bei den freien Fettsäuren und eine

geringe Erhöhung der Neutralfette.

Die Diskrepanz zwischen den nur mäßig ausgeprägten Veränderungen bei den Patienten und der bei Tierversuchen beschriebenen hochgradigen Stoffwechselbeeinflussung durch Bestrahlung ist wahrscheinlich durch Unterschiede in Strahlenart und Bestrahlungsmodus bedingt.

LITERATURVERZEICHNIS:

- AGOSTINI, C., A. SESSA, A. FENAROLI, P. A. CICCARONE: Production of "fatty liver" by x-irradiation. Rad. Res. 23 (1964) 350
- BAKER, D. G., C. G. HUNTER, E. SCHÖNBAUM: Radiation injury: adrenocortical and gastric responses in the rat. Rad. Res. 12 (1960) 409
- BARTELHEIMER, H., A. JORES (Hrsgg.): Klinische Funktionsdiagnostik. Thieme, 3. Aufl., Stuttgart 1967, 130 f.
- BERNDT, J., R. GAUMERT: Zur Störung des Kohlenhydratstoffwechsels nach Bestrahlung: Einfluß einer Ganzkörperbestrahlung auf den Gehalt an Intermediärprodukten der Glykolyse in der Mäuseleber. Int. J. Rad. Biol. 11 (1966) 593
- BERNDT, J., R. GAUMERT, O. ULBRICH : Zur Störung der Fettsäurebiosynthese nach Strahleneinwirkung in vivo. Biochim. Biophys. Acta 137 (1967) 43
- BERNDT, J., K. KREBBER, E. KOFLER: Glykogensynthese aus markierten Vorstufen in der Leber bestrahlter Mäuse. Strahlentherapie 139 (1970) 209
- BERNDT, J., R. GAUMERT: The in vitro biosynthesis of cholesterol and the cholesterol content in the liver of x-irradiated mice. Rad. Res. 42 (1970) 292
- BERNDT, J.: Zur Regulation des Lipidstoffwechsels in der Leber bestrahlter Mäuse. Strahlentherapie 140 (1970) 577
- BERNDT, J., T. HEIL: Die Cholesterinbiosynthese in der Mäuseleber nach Kombination von Röntgenbestrahlung und Behandlung mit Actinomycin D. Strahlentherapie 145 (1973) 216

- BUCHER, N. L. R., K. MCGARRAHAN, E. GOULD, A. V. LOUD:  
Cholesterol biosynthesis in preparations of liver from normal, fasting, x-irradiated, cholesterol-fed, triton, or  $\Delta^4$ -cholesten-3-one-treated rats.  
J. Biol. Chem 234 (1959) 262
- CATRAVAS, G. N.: Effect of X-rays and  $^{60}\text{Co}$  gamma rays on the liver enzyme system responsible for fatty acid synthesis. Rad. Res. 40 (1969) 512
- DETRICK, L. E., H. C. UPHAM, D. HIGHBY, V. DEBLEY, T. J. HALEY: Influence of X-ray irradiation on glucose transport in the rat intestine. Rad. Res. 2 (1955) 483
- DI LUZIO, N. R., K. A. SIMON: The effect of x-irradiation on the plasma lipid fractions of the rabbit. Rad. Res. 7 (1957) 79
- EBERHAGEN, D., U. HORN: Die Lipoidveränderungen in verschiedenen Rattenorganen nach Ganzkörperbestrahlung mit letalen Röntgendosen. VI. Das Verhalten der Fettsäurezusammensetzung im Blutserum und in der Milz. Strahlentherapie 135 (1968) 364
- ELKO, E. E., N. R. DI LUZIO: Bone marrow, plasma and liver lipids following x-irradiation. Fed. Proc. 17 (1958), 41
- ELKO, E. E., N. R. DI LUZIO: Effect of x-irradiation on plasma, liver and bone marrow lipids of the rabbit. Rad. Res. 11 (1959) 1
- ELKO, E. E., N. R. DI LUZIO: Plasma lipid metabolism in x-irradiated rabbits. Rad. Res. 12 (1960) 432
- ELKO, E. E., N. R. DI LUZIO: Lipid mobilization in x-irradiated rabbits. Rad. Res. 14 (1961) 760

- ELKO, E. E., W. R. WOOLLES, N. R. DI LUZIO: Effect of whole-body x-irradiation on palmitate-1-<sup>14</sup>C metabolism in the rabbit. Rad. Res. 21 (1964) 493
- FARRAR, J. T., M. D. SMALL, D. BULLARD, F. J. INGELFINGER: Effect of total body irradiation on absorption of sugars from the small intestine. Am. J. Physiol. 186 (1956) 549
- FLEMMING, K., M. YEGIN: Strahlenwirkung und Nebennierenrinde. I. Veränderungen im Corticoidgehalt der Nebennieren bei ganzkörperbestrahlten Ratten. Z. Naturforsch. 19 b (1964) 745
- FLEMMING, K., W. HEMSING, B. GEIERHAAS: Strahlenwirkungen und Nebennierenrinde. II. Biphasischer Anstieg der Corticosteroide in Nebennieren und Blut von Ratten nach Ganzkörper-Röntgenbestrahlung. Z. Naturforsch. 22 b (1967) 85
- FLEMMING, K.: Kortikosteroidveränderungen nach Ganzkörperbestrahlung. Strahlentherapie 134 (1967) 565
- FLEMMING, K.: Neue Befunde über die NNR-Aktivität bei ganzkörperbestrahlten Ratten. Strahlentherapie 137 (1969) 82
- GOTTWALD, G., I. MÉSZÁROS, E. BÁTHARI: Änderungen der Lipidfraktionen von Serum und Leber der Ratten nach 2000 R lokaler Leberbestrahlung, der Aktivität der alkalischen Phosphatasen, Glutaminsäure-Oxallessigsäure-Transaminasen und der Lipasen. Strahlentherapie 140 (1970) 731
- GOULD, R. G., V. L. BELL, E. H. LILLY: Effects of x-irradiation on cholesterol, fatty acid, and protein synthesis in rat tissues. Rad Res. 5 (1956) 609

- GOULD, R. G., V. L. BELL, E. H. LILLY: Stimulation of cholesterol biosynthesis from acetate in rat liver and adrenals by whole body x-irradiation. *Am. J. Physiol.* 196 (1959) 1231
- GOULD, R. G., V. B. KOJOLA, E. A. SWRYD: Effects of hypophysectomy, adrenalectomy, cholesterol feeding, and puromycin on the radiation-induced increase in hepatic cholesterol biosynthesis in rats. *Rad. Res.* 41 (1970) 57
- HESS, F.: Die Strahlentherapie. In: Therapie maligner Tumoren, Hämoblastome und Hämoblastosen. 3. Bd. Hrsgg.: E. HOLDER, F. MEYTHALER, R. DU MESNIL DE ROCHEMONT. Enke, Stuttgart 1969. S. 112 ff., S. 117 ff., S. 125 ff., S. 130 ff., S. 138 ff.
- HEWITT, J. E., T. L. HAYES, J. W. GOFMAN, H. B. JONES, F. T. PIERCE: Effects of total body irradiation upon lipoprotein metabolism. *Am. J. Physiol.* 172 (1953) 579
- HEWITT, J. E., T. L. HAYES: X-irradiation and lipoprotein metabolism in various species. *Am. J. Physiol.* 185 (1956) 257
- HILL, R., J. KIYASU, I. L. CHAIKOFF: Metabolism of glucose and fructose in liver of the rat subjected to whole-body x-irradiation. *Am. J. Physiol.* 187 (1956) 417
- HUG, G.: Die akuten Allgemeinreaktionen bei Ganz- und Teilkörperbestrahlung. In: Strahlenbiologie, Strahlentherapie, Nuklearmedizin und Krebsforschung. Hrsgg.: H. R. SCHINZ u. a. Thieme, Stuttgart 1959, S. 581
- IBRAHIM, M. Z. M., H. ATLAN, J. MIQUEL, P. CASTELLANI: Synthetic and hydrolytic enzymes of glycogen in the normal and the irradiated rat brain. *Rad. Res.* 43 (1970) 341

- KOHN, H. I.: Changes in composition of blood plasma of the rat during acute radiation syndrome, and their partial mitigation by Dibenamine and Cortin. *Am. J. Physiol.* 165 (1951) 27
- KOHN, H. I.: Effect of immaturity, hypophysectomy and adrenalectomy upon changes in blood plasma of rat during acute radiation syndrom. *Am. J. Physiol.* 165 (1951) 43
- LINN, T. C.: The effect of cholesterol feeding and fasting upon  $\beta$ -Hydroxy- $\beta$ -methyl-glutaryl co-enzyme A reductase. *J. Biol. Chem.* 242 (1967) 990
- McHALE, C. G., G. N. CATRAVAS: The response of rat liver enzymes involved in fatty acid synthesis to increasing doses of ionizing radiation in vivo. *Rad. Res.* 52 (1972) 545
- McKEE, R. W.: Effects of x-irradiation on liver glycogen and blood sugar. *Fed. Proc.* 11 (1952) 256
- McKEE, R. W., M. BRIN: Effects of x-irradiation on glycogenolysis, glycogenesis and gluconeogenesis in the rat. *Arch. Biochem. Biophys.* 61 (1956) 390
- MIRAS, C. J., J. D. MANTZOS: The effect on ionizing irradiation on the lipid biosynthesis by thymus and liver. *Rad. Res.* 36 (1968) 119
- NORTH, N., L. F. NIMS: Time-dose study of biochemical responses of rats to x-irradiation. *Fed. Proc.* 8 (1949) 119
- ORD, M. G., L. A. STOCKEN: The biochemical lesion in vivo and in vitro. In: *Mechanisms in radiobiology*. Vol. 1. Ed. by M. ERRERA and A. FORSSBERG, New York and London, Academic Press 1961, p. 259

- PANDE, S. V., A. RAMAIAH, T. A. VENKITASUBRAMANIAN:  
Effect of x-irradiation on the hepatic  
synthesis of fatty acids and cholesterol.  
Biochim. Biophys. Acta 65 (1962) 516
- PERRIS, A. D.: Whole-body irradiation and active trans-  
port in the rat small intestine in vi-  
tro. Rad. Res. 29 (1966) 597
- PERRIS, A. D.: Intestinal transport and metabolism  
following whole-body irradiation. Rad.  
Res. 34 (1968) 523
- SCHAUDIG, E.: Die Frühreaktion des Blutzuckers während  
der Röntgenbestrahlungsserie. Strahlen-  
therapie 107 (1958) 485
- SCHULZE, B.: Persönliche Mitteilung
- SHELLEY, R. N.: The effect of ionizing radiations on  
cholesterol levels of adrenals, liver  
and plasma. Rad. Res. 29 (1966) 608
- SHERMAN, F. G., F. M. DWYER: Blood sugar and liver  
glykogen levels in irradiated and  
nonirradiated mice. Fed. Proc. 15  
(1956) 169
- SIPERSTEIN, M. D., V. M. VAGAN: Feedback control of  
mevalonate synthesis by dietary  
cholesterol. J. Biol. Chem. 241  
(1966) 602
- SOBOCINSKI, P. Z., K. I. ALTMAN: Hepatic gluconeogene-  
sis and glycogenesis in the starved,  
x-irradiated rat. Rad. Res. 49  
(1972) 390
- SONKA, J., J. NOSEK, Z. VICH, J. POSPISIL, Z. DIENSTBIER:  
The effects of local x-ray therapy of ma-  
lignant tumours on the Glycide metabolism  
of human erythrocytes. Atompraxis 11 (1965)  
157

- STREFFER, C.: Untersuchungen über den Energiestoffwechsel im Lebergewebe der Maus nach Ganzkörperbestrahlung. Int. J. Rad. Biol. 11 (1966) 179
- STREFFER, C.: Strahlen-Biochemie. Springer. Berlin-Heidelberg-New York 1969
- Test-Fibel, BOEHRINGER Mannheim GmbH, Biochemica, 1970
- Test: Glucose, Hexokinase-methode
- Test:  $\beta$ -Lipoproteide
- Test: Cholesterin
- Test: Unveresterte Fettsäuren
- Test: Neutralfett und Glycerin (für wissenschaftliche Untersuchungen)
- TOMKINS, G. M., H. SHEPPARD, I. L. CHAIKOFF: Cholesterol synthesis by liver. III. Its regulation by ingested cholesterol. J. Biol. Chem. 201 (1953) 137
- VAN DUYET, Phan, V. NEJTEK, Z. DIENSTBIER: Der Einfluß ionisierender Strahlung auf den aktiven Glucosetransport durch den Rattendünndarm und die radioprotektive Wirkung des AET. Strahlentherapie 135 (1968) 610
- WOOLLES, W. R.: Triglyceride synthesis following whole-body x-irradiation in the rabbit. Rad. Res. 30 (1967) 788
- WOOLLES, W. R.: The effect of x-irradiation on the activity of Lipoprotein lipase in interscapular adipose tissue of the rabbit. Rad. Res. 34 (1968) 596

Herrn Professor Dr. F. Hess möchte ich danken für die  
Überlassung des Themas und die Übernahme des Referates.  
Herrn Dr. L. Buchelt und Herrn Dr. B. Schulze danke ich  
für die Unterstützung bei der Durchführung meiner Arbeit.

## LEBENS LAUF

Am 17. August 1949 wurde ich als drittes Kind des Sonder-  
schullehrers Wilhelm Bär und seiner Ehefrau Ingeborg in  
Melsungen geboren.

Ostern 1956 Einschulung an der Stadtschule Melsungen. Nach  
vierjährigem Besuch der Volksschule wechselte ich Ostern  
1960 auf das Gymnasium in Melsungen, die heutige Geschwi-  
ster-Scholl-Schule, über.

Ab der Obersekunda besuchte ich den mathematisch-naturwissen-  
schaftlichen Zweig dieses Gymnasiums.

Am 11. Juni 1968 bestand ich das Abitur an der Geschwister-  
Scholl-Schule.

Das Medizinstudium nahm ich am 15. Oktober 1968 an der  
Philipps-Universität Marburg auf.

Am 8. Oktober 1969 bestand ich in Marburg die naturwissen-  
schaftliche Vorprüfung.

Am 26. März 1971 legte ich in Marburg die ärztliche Vor-  
prüfung ab.

Im Juli/August 1971 arbeitete ich sechs Wochen lang als  
Famulus in der Medizinischen Universitätsklinik in Mar-  
burg. Vom 19. Februar bis 14. April 1973 famulierte ich  
in der Universitäts-Strahlenklinik in Marburg.

Am 19. Dezember 1974 bestand ich die ärztliche Prüfung  
in Marburg.

Seit Januar 1975 arbeitete ich an der Fertigstellung  
meiner Dissertation.

Ab dem 1. April 1975 werde ich als Medizinalassistent in  
der Medizinischen Universitätsklinik in Marburg tätig sein.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren und Dozenten:

Amon, Aurich, Barthelmai, Bommer, Buchholz, Busch, Daume, Dehnicke, Dimroth, Dölle, Dombrowski, Duven, Eißner, Englhardt, Exner, Friederich, Ganz, Gerdes, Graul, Hamelmann, Hardewig, Havemann, Hensel, Hering, Hess, Hildebrandt, Hort, Jacob, Karlson, Klaus, Kleinsasser, Knauff, Koecke, Koransky, Korb, Kühnel, Linneweh, Littmann, Mann, Martini, Nesswetha, Oehmig, Petry, Pots, Reim, Rodeck, Rohen, Schleyer, Schmid, Schmitz-Moormann, Seidel, Siegert, Spiegelberg, Straub, Streicher, Strohmeyer, Thoenes, Uhlarik, Walcher, Wehrmeyer







